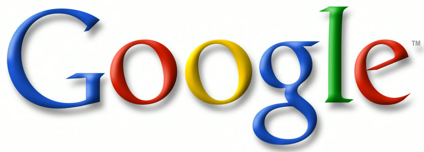
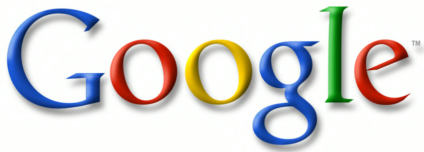

Google







3-VHA
Ani

ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

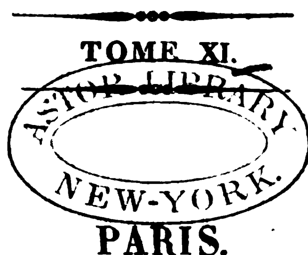
Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics.

QUATRIÈME SÉRIE.

TOME XI.



PARIS.

CARILIAN-GŒURY ET Vve DALMONT,

LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n°s 39 et 41.

1847.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'École des mines, du chef de la division des mines, d'un ingénieur secrétaire, et d'un ingénieur secrétaire-adjoint :

M. Debette est spécialement chargé de la traduction des mémoires étrangers.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le sous-secrétaire d'État au ministère des travaux publics, à M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 80 à 90 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT, rue Racine, n. 28.

MÉMOIRE

sur le gisement du sel gemme dans le département de la Moselle et sur la composition générale du terrain de muschelkalk en Lorraine ;

Par M. J. LEVALLOIS, ingénieur en chef des mines (1).

C'est un point digne de remarque, et qui suffirait seul pour prouver l'importance que les hommes ont attachée au *sel* dans tous les temps, que la consécration, en quelque sorte, qu'ils ont faite du nom de cette substance par les noms mêmes de tant de lieux qui la produisent. Car ce n'est pas seulement en Lorraine que des appellations de ce genre se rencontrent; mais encore dans la Haute-Saône et dans le Jura, tout comme au pied des Pyrénées; mais encore dans le pays de Bade, dans le Wurtemberg, le Hanovre, la Prusse, l'Autriche, la Bavière, le Tyrol, et jusqu'en Afrique.

Nommer le hameau de *Salzbronn*, qui est situé dans le département de la Moselle, à 1 kilomètre à l'Est de Sarralbe, c'est donc éveiller l'idée de la présence du sel; et nous savons, en effet, qu'une source salée y est depuis longtemps connue. Déjà, en 1783, il y existait un puits de 10 mètres de profondeur ouvert pour l'exploitation de cette source, qui paraissait sortir du gypse, et dont la salure moyenne n'était que de 3 degrés.

Lorsque les sondages entrepris à Vic, en 1819,

(1) Nancy, le 24 juin 1846.

eurent fait découvrir le puissant dépôt de sel gemme de la vallée de la Seille, et lorsqu'il fut reconnu que ce dépôt appartenait au terrain des marnes *irisées*, on fut conduit à admettre que le gîte salifère de Salzbronn devait également être rangé dans ce terrain; et il était bien établi, en tout cas, que le gypse signalé dans l'ancien puits est subordonné aux marnes irisées qui se montrent en différents points aux abords de Sarralbe. Cette induction était bien plus naturelle, alors que Salzbronn n'est éloigné de Dieuze que de 44 kilomètres, que ne l'aurait été une assimilation avec le gîte salifère de la Souabe, qui, comme on sait, se trouve dans le *muschelkalk*, et non pas, à l'instar de celui de la Meurthe, dans les marnes irisées. Aussi, M. d'Alberti a-t-il dit dans un ouvrage justement estimé : « Le sel gemme de Sarralbe appartient bien indubitablement à la même formation que celui de Vic (1). »

Cependant cette vraisemblance, si grande qu'elle apparût alors, n'était pas la vérité, et c'est ce que je me propose de démontrer dans ce mémoire.

Après avoir été délaissée pendant longtemps, l'exploitation de Salzbronn fut reprise vers 1826, et on y commença un sondage tout contre l'ancien puits. Le but avoué était de rechercher, non pas le sel gemme, mais des eaux salées plus riches; et l'on en obtint, en effet, à la profondeur de 220 mètres, où l'on s'arrêta : elles marquaient 20 degrés. Il est bien probable qu'on avait déjà touché le banc de sel; en tout cas, il ne pouvait

(1) Beiträge zu einer Monographie des Bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers. 1834. Stuttgart und Tubingen, page 277.

pas être éloigné, comme la suite l'a prouvé, et cela revenait au même quant à la question géologique.

Pour étudier cette question directement, je visitai les lieux en 1831, et je fus saisi tout d'abord d'un grand doute sur le parallélisme des gîtes salifères de la Seille et de la Sarre.

En effet, sort-on de Sarralbe dans la direction de Saint-Avold, la route se trouve tout d'abord coupée à travers une colline de marnes, dont la couleur générale est le rouge lie de vin, et qui sont très-effervescentes avec les acides. Au milieu de ces marnes on voit, mis en saillie par l'action érosive des eaux, une multitude de lits assez peu continus, formés de pièces en général amorphes, souvent arrondies grossièrement, ou bien réniformes, et qui consistent essentiellement en marnes rouges ou grises, comme endurcies par un suc calcaire. Ces roches sont peu homogènes, à cassure raboteuse. On y distingue des veines cristallines d'un blanc rosé, dont les acides séparent promptement de petits grains ou plutôt de petits cristaux ébauchés de quartz blanc friable, le reste consistant en chaux carbonatée qui a été dissoute par le réactif. Souvent aussi ces roches sont géodiques et les géodes sont tapissées de cristaux de chaux carbonatée. D'autres fois elles consistent en calcaire gris cristallin concrétionné. Ailleurs ce sont des sortes de rognons de marnes grises, dures, renfermant des veinules de quartz gris, à éclat gras. C'est bien là, certainement, l'ensemble de caractères qui spécialise, en Lorraine, la partie inférieure des marnes irisées; mais j'en pus acquérir la preuve directe sans sortir de ce coin du département de la Moselle.

Saint-Avold est situé à la jonction du grès vosgien et du grès bigarré, et, en venant de cette ville à Sarralbe, on remonte la série géologique des couches. Ce sont d'abord des argiles marneuses, rouges, grises ou blanches, onctueuses au toucher, qui alternent avec les derniers bancs du grès bigarré et avec des dolomies; puis des marnes jaunâtres dolomitiques, avec quartz néopètre (*hornstein*), puis le muschelkalk supérieur bien caractérisé par son *facies* habituel et par ses *Avicula socialis*. En avançant davantage on rencontre : 1° des marnes grises avec de nombreux petits bancs d'un grès jaunâtre, argileux, à grains fins, très-schisteux, renfermant du mica et beaucoup d'impressions végétales très-déliées et peu distinctes; 2° des marnes jaunes dans lesquelles se trouvent des bancs de dolomie jaunâtre avec quelques taches tirant au bleu, et dans lesquelles on distingue des débris d'écailles de poissons ou de sauriens, et quelques rares paillettes de mica (1). Plus loin encore, et à la hauteur environ du village de Macheren, on atteint les marnes irisées avec le même système de roches signalé tout à l'heure dans les couches que l'on observe à la sortie de Sarralbe; ce qui fixe bien la position de ces dernières dans la partie inférieure du keuper, ainsi que je l'avais annoncé.

Cela posé, et comme le lieu de ces observations

---

(1) Les roches que je viens d'énumérer (1° et 2°) sont l'équivalent du groupe que M. d'Alberti a appelé *lettenkohle*, et qu'il place à la partie tout à fait inférieure des marnes irisées. Elles forment aussi une bande continue en Lorraine à la limite du muschelkalk et du keuper proprement dits. J'en fournirai les preuves dans un autre mémoire.

est déjà plus élevé que la plaine de la Sarre, au milieu de laquelle se trouve le village de Salzbronn, la supposition, que le gîte salifère rencontré là à la profondeur de 220 mètres pourrait encore appartenir aux marnes irisées, conduisait donc à admettre que la partie inférieure de ce terrain aurait reçu un développement extraordinaire, ou sinon la présence d'une faille avec un relèvement considérable.

Cependant, si l'on descend la Sarre jusqu'à Herbitzheim (à 4 kilomètres de Sarralbe), on trouve, déjà en amont du pont, sur la rive droite, les grès et les dolomies identiques à ceux que j'ai montrés tout à l'heure sur la route de Saint-Avold, à la limite du muschelkalk et des marnes irisées; et un peu en aval du même pont, le muschelkalk lui-même exploité sur les deux rives. Toutes ces couches penchent vers l'Ouest, c'est-à-dire dans la direction de Salzbronn.

En présence de ces faits, l'esprit ne devait-il pas déjà être porté à admettre préférablement que, à la profondeur à laquelle avaient été rencontrées les eaux saturées, la sonde avait atteint le terrain du muschelkalk?

Mais d'autres faits ne tardèrent pas à venir appuyer cette première induction.

Il existe sur le territoire prussien, à 19 kilomètres seulement de Salzbronn, et par conséquent à une distance bien moindre que Dieuze, une petite saline dite de Rilchingen, alimentée depuis des temps très-reculés par une source salée qui marque à peine un degré à l'aréomètre de Baumé. Elle est située sur la rive droite de la Sarre, tout près et au-dessous de Sarreguemines. Or, tandis qu'en face de Rilchingen la rive gauche est for-

mée par un escarpement de muschelkalk, sur la crête duquel on trouve encore les derniers vestiges des marnes irisées, la rive droite est au contraire plate et constituée exclusivement par le muschelkalk. Ce n'est donc pas dans le terrain des marnes irisées qu'il faut chercher ici la masse salifère, mais dans celui du muschelkalk, si non encore plus bas. Il est vrai qu'un sondage a été fait près de la saline, et que, quoique poussé jusqu'à plus de 300 mètres de profondeur, après avoir atteint le gypse à 70 mètres environ, il n'a rencontré ni sel gemme ni eau saturée; mais ce fait négatif, qui est d'ailleurs suffisamment en rapport avec la pauvreté de la source, n'infirme en rien la déduction précédente, à savoir: que la cause efficiente de la salure de la source de Rilchingen se trouve nécessairement dans des terrains plus anciens que les marnes irisées. On voit, dès lors, combien la pensée de ranger dans le muschelkalk le sel gemme de Salzbronn acquérait de probabilité, et c'est aussi la conclusion que j'inscrivis dans mon journal de voyage de 1831. La vérification de cette conclusion aurait pu se faire par un examen des produits du sondage; mais je n'eus pas le moyen de m'y livrer. Les exploitants pouvaient alors avoir intérêt à ne pas dire toute la vérité, et si d'ailleurs ils annonçaient bien avoir rencontré du calcaire vers la profondeur de 60 mètres, ce fait n'aurait pu être concluant qu'autant que le calcaire serait incompatible avec le keuper, ce qui n'est pas.

Mais depuis cette époque la situation a changé. La loi du 17 juin 1840 a déterminé de nouveaux forages aux environs de Sarralbe, qui sont venus tous apporter à ma conclusion la sanction de l'ex-

périence directe; et voici, pour preuve, la coupe du trou de sonde n° 5 de la saline de Salzbronn.

	mèt.
Terre végétale	1,50
Sable et gravier (*alluvion*).	3,00
Marnes irisées avec gypse (*keuper*). . .	69,18
Calcaire coquiller (*muschelkalk*. . . .	115,84
(On y indique du gypse cristallisé. La partie inférieure consiste en calcaire oolitique et en marnes qui contiennent des rognons de silex.)	
Gypse et argile salée.	14,83
Gypse anhydre.	7,24
Argile fétide et bitumineuse avec gypse.	7,90
Argile rouge et verte avec nids de sel orangé fibreux.	2,08
Sel gemme en cinq bancs séparés par de minces lits de gypse gris.	19,40
Gypse.	2,03
Total.	243,00

Mais il ne suffit pas d'avoir démontré que le sel gemme de Salzbronn appartient, comme celui de la Souabe, au muschelkalk; il est encore intéressant de rechercher quelle position il occupe dans ce terrain.

M. d'Alberti, dans l'ouvrage déjà cité, établit, par de nombreux exemples, que la composition normale du terrain de muschelkalk, dans la partie Sud-Ouest de l'Allemagne, est la suivante, à partir du haut :

1° Calcaire compacte, très-coquillier, contenant particulièrement en abondance l'*Ammonites nodosus* (Schlottheim) et l'*A. bipartitus* (Gaillardot), l'*Avicula socialis* (Deshayes), le *Plagiostoma striatum* (Bronn), le *Pecten discites* (Bronn) la *Terebratula vulgaris* (Schlottheim) et l'*Encrinites liliiformis* (Schlottheim).—C'est ce qu'il appelle le *calcaire de Friederichshall*; des bancs

oolitiques se trouvent dans la partie inférieure.
Épaisseur. . . . . 50 à 125 mètres.

2° Marne dolomitique, jaunâtre et grisâtre, poreuse, avec hornstein brun, calcédoine et quartz; sans fossiles. 3° Anhydrite, avec gypse, argile salifère et sel gemme. Ces deux numéros forment le groupe dit de l'anhydrite.	110 à 125
4° Groupe du *wellenkalk* ou calcaire ondulé, soit dolomitique, soit analogue au calcaire n° 1; dans tous les cas, en bancs beaucoup plus minces, et renfermant les mêmes fossiles.	60 à 70

Or, si l'on rapproche cette série de la coupe du trou de sonde de Salzbronn, on reconnaît un parallélisme complet dans les masses minérales qui recouvrent le sel gemme; car, d'une part comme de l'autre, il se trouve au-dessous des marnes dolomitiques avec silex, recouvertes elles-mêmes par le calcaire coquillier, le *muschelkalk* proprement dit; la partie inférieure de celui-ci étant signalée des deux côtés par des bancs oolitiques correspondants. Le parallélisme se continue-t-il au delà, et par suite y a-t-il identité géologique entre le sel gemme de Salzbronn et celui de la Souabe? C'est ce qui n'est pas prouvé directement, puisque le sondage de Salzbronn n'a pas dépassé le groupe du sel gemme, et qu'on ne peut savoir, par conséquent, si le wellenkalk existe au-dessous. Mais l'étude générale du terrain du muschelkalk en Lorraine pourra éclairer cette question.

L'identité remarquable qu'on vient de recon-

naître dans la composition de la moitié supérieure, au moins, de ce terrain considéré d'une part sur le versant oriental de la forêt Noire, et de l'autre sur le versant occidental de la chaîne des Vosges, n'appartient pas, on doit bien le penser, à la seule localité de Salzbronn ; et j'ai pu la constater dans toute la largeur du département de la Meurthe, depuis Metting au Nord de Phalsbourg, jusqu'à Magnières au Sud de Gerbeviller.

C'est à côté de Sarrebourg, et dans un ravin qui longe l'ancien chemin de cette ville à Dieuze, que cette composition s'est révélée à moi pour la première fois : ravin ouvert dans la partie la plus déclive de la côte qui borde là la plaine de la Sarre sur la rive gauche. Des carrières de moellons sont exploitées sur le plateau, dans la commune de Hoff, et en somme la constitution de la côte peut être étudiée là sur une hauteur d'une cinquantaine de mètres.

Le calcaire exploité est en général gris, compacte, à cassure esquilleuse, et très-résistant. On y trouve l'*Avicula socialis* (Deshayes) et le *Pecten discites* (Bronn). Il ne forme que des assises minces, n'atteignant guère que 25 centimètres d'épaisseur. C'est une pierre de très-bonne qualité, tant pour les constructions que pour l'entretien des routes : elle n'est point gelive. Les différents bancs sont séparés par de minces lits formés d'une marne argileuse jaunâtre ou verdâtre, qui se détache promptement de la roche lorsque celle-ci est exposée à l'air. Mais il arrive fréquemment que le calcaire lui-même présente, sur quelques millimètres d'épaisseur, une sorte de croûte tendre, sableuse, de couleur jaune, et se fondant insensiblement dans la masse de la pierre.

On ne peut pas voir quelles couches succèdent immédiatement à celles des carrières; mais à une certaine distance apparaissent, sur le penchant de la côte, des bancs épais d'un calcaire gris de fumée, argileux, compacte, se cassant en fragments fort irréguliers, et contenant en abondance des rognons de silex gris ou bleu clair, de formes parfois fort bizarres, et telles qu'on pourrait croire au premier abord que ce sont des ossements. Plus bas encore vient un calcaire blanc, également en bancs épais; il est compacte, à cassure semi-conchoïde, et il pourrait être pris pour un calcaire jurassique. Ces bancs alternent avec des marnes argileuses gris verdâtre, dont l'épaisseur relative est peu considérable; mais plus bas, au contraire, ce sont les marnes qui vont dominer, tandis que les assises, plus solides, ne formeront qu'une partie peu importante de l'ensemble; et c'est aussi à partir de ce point qu'est creusé en réalité le ravin.

Ces marnes sont schisteuses, jaunâtres dans la partie supérieure, d'un gris foncé vers le bas. Elles se délitent en feuillets extrêmement minces et ont l'apparence dolomitique. Parmi les assises solides, on distingue d'abord une dolomie marneuse, blanche, assez tendre; puis une dolomie jaune, plus compacte et plus solide, sableuse à la surface. Plus bas se succèdent un très-grand nombre de petits bancs d'une dolomie grise, celluleuse et comme cloisonnée par des infiltrations spathiques, au milieu de laquelle on remarque du quartz blanchâtre en rognons quelquefois assez petits, mais d'autres fois atteignant le volume de la tête. Alors il prend souvent l'aspect grenu, saccharoïde, et la blancheur du gypse; mais ce n'est

en réalité que du quartz grenu, intimement mêlé de chaux carbonatée. Viennent après de minces bancs de dolomie jaune, compacte et tendre, alternant avec des lits de silex brun foncé, à cassure inégale. Ces lits sont bien réglés et forment d'un bout à l'autre du département un horizon géognostique très-facile à reconnaître : l'un de ces lits a 5 centimètres d'épaisseur. Le dernier banc dolomitique qu'accompagnent ces silex renferme quelques paillettes de mica. C'est à partir de là que la couleur grise se prononce particulièrement dans les marnes schisteuses qui constituent la base essentielle de ce groupe, et qui règnent finalement jusqu'au bas du ravin.

D'autres ravins tout pareils font voir que la constitution géologique de cette côte est uniformément la même entre Xouaxange et Sarraltroff environ, sur une étendue de plus d'un myriamètre. On y distingue particulièrement, laissés en saillie par l'action érosive des eaux, les morceaux déjà signalés de quartz grenu, blanc, calcarifère, parfois tout criblés de trous.

Au Nord-Est comme au Sud de Sarrebourg, les bancs supérieurs du muschelkalk (les bancs minces) n'existent pas, et on ne voit plus que les couches inférieures. Ainsi, dans le coteau au Nord de Réding, c'est le calcaire gris de fumée, avec rognons abondants de silex, que l'on exploite; tandis que dans le village même apparaissent les marnes schisteuses, qui en formaient tout à l'heure la base dans le ravin de Sarrebourg.

Le village de Vieux-Lixheim est aussi dans ces mêmes marnes, et on les observe très-bien avec leurs dolomies cloisonnées, leurs quartz grenus blancs et leurs lits de silex brun, dans les

fossés mêmes de la route qui se dirige vers le Nord-Ouest. Le calcaire gris de fumée s'exploite un peu plus haut.

De pareilles carrières sont ouvertes à Hérange, à Wintersbourg, à Fleisheim, etc.; mais les matériaux qu'elles fournissent sont d'une qualité bien inférieure à ceux qui proviennent des bancs supérieurs du muschelkalk, comme à Hoff. Deux variétés se remarquent dans ces carrières: d'abord le calcaire gris de fumée dont il a déjà été parlé, et ensuite un calcaire de couleur beaucoup plus claire, blanchâtre, formé de très-petites oolites et contenant quelques lamelles d'encrines. Cette oolite, qui n'a pas été observée dans le ravin de Sarrebourg, complète le parallélisme annoncé entre la série géognostique de la Meurthe, celle de Salzbronn et celle de la Souabe. Parfois les lamelles d'encrines deviennent si abondantes, que la roche prend un aspect tout cristallin; elles ont quelquefois 6 à 7 millimètres de diamètre. Le calcaire gris de fumée est très-fétide sous le choc du marteau, ce qui indique qu'il contient du bitume; celui-ci, d'ailleurs, s'isole souvent sous forme d'un enduit noir luisant appliqué sur les joints de séparation que présente la roche, joints qui sont parallèles à la stratification, à prendre la chose en grand, mais qui présentent une surface toute mamelonnée, toute rugueuse. Comme l'oolite, le calcaire gris de fumée renferme aussi quelques lamelles d'encrines et de petites térébratules lisses qui me paraissent distinctes de la *Terebratula vulgaris*.

La série des couches observées dans le ravin de Sarrebourg se retrouve complétement dans la côte qui sépare Blamont de Barbas. Ce dernier village,

aussi bien que ceux de Halloville, Nonhigny et Montreux, est assis sur les marnes schisteuses qui forment le groupe inférieur de muschelkalk, tandis que le calcaire se montre dans le coteau qui court du N.-O. au S.-E. A Montreux, ce sont seulement les derniers bancs qu'on exploite, et c'est précisément la variété oolitique signalée comme point de repère.

On retrouve cette même variété exploitée près d'Azerailles, sur les flancs du petit vallon qui descend du Nord-Est; tandis que le haut de la côte est occupé par le calcaire compacte en bancs minces. On extrait simultanément dans les mêmes carrières l'oolite et le calcaire à larges encrines; mais c'est la première roche qui est préférée, soit pour pierre à bâtir, soit comme pierre à chaux. J'ai recueilli là des ammonites de 8 centimètres de diamètre analogues à l'*A. nodosus* (Bruguière).

La côte qui borde la rive gauche de la Meurthe, en face d'Azerailles, offre encore un spécimen complet de la série des couches du muschelkalk observée à Sarrebourg, et la variété oolitique est encore exploitée dans cette côte, au-dessus de Glonville. Enfin, je recommanderai pour l'étude de cette série les environs de Vallois. Le groupe des marnes schisteuses est parfaitement mis à nu, avec ses silex bruns et ses dolomies cloisonnées, sur la berge droite de la rivière, un peu en amont du pont; tandis que dans la côte, à l'Est, on exploite le calcaire à encrines et une autre variété jaune, compacte, à grains fins, au facies jurassique, et dont l'identique a déjà été signalée dans le ravin de Sarrebourg.

Cette succession de couches que nous venons de reconnaître toujours semblable à elle-même

dans tant de coupes verticales différentes, se révèle encore parfaitement, mais occupant alors une grande étendue horizontale, à l'observateur qui suit le tracé du canal de la Marne au Rhin, dans le bief de partage des Vosges; attendu que ce tracé est transversal à la direction des couches du terrain. Nous ne devions pas négliger ce moyen de vérification, propre d'ailleurs à nous faire découvrir les couches qui, dans l'ordre géologique, font suite aux derniers bancs observés dans le ravin de Sarrebourg.

Le muschelkalk supérieur est en pleine évidence là où le canal traverse la route royale de Sarrebourg à Lunéville: ce sont les bancs minces, caractérisés par leurs peignes et par l'excellente qualité des moellons qu'ils fournissent; j'y ai recueilli aussi l'*Ammonites nodosus* (Bruguière). Un peu plus loin, en avançant vers l'Est, apparaissent les gros bancs à encrines. Ils sont en général gélifs, et quelques-uns paraissent dolomitiques; des lits de marne argileuse jaune les séparent, et cette marne empâte une grande quantité de fossiles : trigonies, nucules, térébratules, articulations de tiges d'encrines, au point que ce n'est plus quelquefois qu'un aggrégat coquillier : on y a trouvé quelques exemplaires entiers de l'*Encrinites liliiformis*.

Un peu plus loin encore, on voit le gros banc dont il vient d'être parlé reposer sur des marnes schisteuses grises, et la séparation est seulement accusée par un lit de marne sableuse, jaune d'ocre, qui renferme de la dolomie cristalline de même couleur. Ces marnes grises s'observent particulièrement bien dans la tranchée ouverte au travers du village de Xouaxange. Là, au-dessous

de la marne gréseuse précitée, apparaît d'abord un mince lit d'argile blanche, et ensuite plusieurs bancs d'une dolomie blanche, terne, renfermant de petits vides tapissés de chaux spathique et des rognons de silex bleuâtre. Ces bancs sont divisés par des fentes à peu près verticales, comme c'est le caractère si habituel des dolomies. On les utilise pour faire de la chaux hydraulique, aussi bien que la marne dolomitique schisteuse, cloisonnée, avec laquelle ils alternent. On voit, dans cette tranchée, les couches éprouver tout à coup un rejet, et la dolomie, perdant de son épaisseur, être alors remplacée par une couche d'argile qui renferme des galets quartzeux, ainsi qu'un bloc d'une dolomie noirâtre, cristalline. Les marnes grises s'observent jusqu'au passage de la Sarre, et la côte que le canal contourne avant d'atteindre cette rivière présente précisément la succession des bancs calcaires qui surmontent habituellement ces marnes. Mais, à partir de là, on entre en remblais, et cela jusqu'aux abords du chemin de Sarrebourg à Nitting; en sorte qu'ici, comme dans le ravin de Sarrebourg, le moyen échappe de constater quelles sont les couches qui, dans la série générale, succèdent immédiatement aux marnes grises.

Entre le chemin que je viens d'indiquer et celui qui va de Hesse à Hartzwiller, le canal est de nouveau en déblais, et on observe, dans cet intervalle de 350 mètres, six bancs de roches solides qui consistent, pour les deux premiers à partir du haut, en un grès compacte, jaunâtre, peu dur, d'apparence dolomitique, contenant quelques paillettes rares de mica; ce grès passe au bleu dans l'intérieur des morceaux, et alors il est beaucoup

plus résistant. Viennent, après, deux bancs d'une dolomie grisâtre cariée, semi-cristalline. Le cinquième et le sixième banc consistent en un calcaire cristallin noirâtre, qui renferme quelques lamelles spathiques d'encrines; il est très-résistant, et on a pu, à cause de cela, l'employer comme moellon. Tous ces bancs alternent avec des argiles un peu effervescentes, de couleur gris bleuâtre, se séparant souvent en grosses masses dont le pourtour passe à la couleur gris jaunâtre, comme par une sorte de décomposition due à l'action de l'atmosphère. Ces argiles sont en général compactes, parfois micacées, et alors schistoïdes et passant au grès argileux. La dernière masse minérale visible, au-dessous du sixième banc, consiste en un grès argileux, dolomitique, gris de cendre, tout scoriacé, qui empâte des sortes de rognons d'un grès plus cristallin et plus dur, un peu plus effervescent, de même couleur. Tout cet ensemble de couches a une pente légèrement ascendante vers l'Est, et va se terminer en éprouvant un relèvement assez considérable tout contre le pont qui a été construit sur le canal, à l'intersection du chemin de Hesse à Hartzwiller. De l'autre côté du pont, c'est un tout autre terrain dont il est impossible de voir la liaison avec celui que nous venons de décrire à l'aval. Il consiste en argiles plastiques, très-onctueuses au toucher, et cependant faisant aussi effervescence avec les acides. Elles sont grises, verdâtres et rouges, et happent fortement à la langue. Plusieurs lits d'argile schisteuse gris noirâtre, micacée, un peu effervescente et passant au grès, interrompent les argiles plastiques; on y trouve aussi de grosses masses comme concrétionnées de dolomie jaunâtre. J'y ai recueilli quelques traces de lignite,

et on y a vu aussi des rognons de gypse blanc. C'est là le terrain qui règne sur 500 mètres de longueur environ, jusqu'à la fin de la tranchée de Hesse, terrain qui a donné lieu à des éboulements considérables et que l'on a eu beaucoup de peine à arrêter, la tranchée ayant là une hauteur de 13 mètres.

Au delà de cette tranchée, la nature des couches ne se dévoile plus jusqu'au vallon de la Bièvre, où l'on aperçoit déjà les roches schistoïdes, micacées, qui indiquent bien le terrain du grès bigarré. Plus loin, la tranchée dite de *Bühl*, au S.-E. du village de ce nom, présente sur toute sa hauteur des marnes *schisteuses* jaunâtres, dolomitiques et gréseuses, qui renferment plusieurs bancs assez épais d'une dolomie très-cristalline, donnant de bonne chaux hydraulique. Au-dessous des bancs de dolomie paraît du grès bleu, dur, micacé, un peu effervescent, et offrant en somme beaucoup de similitude avec celui que j'ai signalé dans la tranchée de Hesse. D'ailleurs, dans les schistes arénacés, j'ai vu un fossile incomplet, mais qui me paraît appartenir au *pecten discites* qui se trouve à la fois, comme on sait, dans le grès bigarré et dans le muschelkalk.

Enfin, quand on atteint, à 1 kilomètre plus loin, la tranchée de Niederviller, on est dans le terrain du grès bigarré bien caractérisé, et qui consiste là en ces bancs minces, argileux, très-micacés, de couleur brune, propres à l'étage supérieur de ce terrain. J'y ai trouvé, comme à Domptail (Vosges), les trigonies du muschelkalk.

Les argiles plastiques bigarrées que j'ai signalées dans la tranchée de Hesse, ont été observées par moi en bien d'autres points du département.

Je les ai vues dans le hameau du Petit-Eich, au N.-E. de Sarrebourg, dans une excavation très-peu profonde, d'où on tire de la terre pour la tuilerie voisine. Elles sont là de couleur violâtre et recouvertes par l'argile jaune diluvienne, avec laquelle elles se mélangent au contact, de telle sorte que la terre exploitée participe à la fois des deux sortes d'argiles.

Entre Blamont et Cirey, et aussitôt qu'on a passé le ruisseau de l'Hurbas, on voit les argiles rouges dans le bois aujourd'hui défriché de la *Ladrerie*, tandis qu'un peu plus loin, vers l'E., commencent les bancs minces, argileux, du grès bigarré.

C'est dans des relations semblables que l'argile rouge se trouve, non loin de là, près de la tuilerie de Haute-Seille, aussi bien que dans le bois de Tanconville. C'est de là que les principales faïenceries du pays tirent leur terre demi-fine; mais ce n'est pas l'argile rouge qui reçoit cette destination, c'est une argile gris blanchâtre qui se trouve au-dessous.

Plus au sud du département, près de Pexonne, on exploite pour le même usage les argiles bigarrées, principalement les grises; et ces argiles renferment beaucoup de quartz laiteux, blanc ou jaunâtre, ainsi que de petites pierres sableuses dolomitiques. Cette extraction se fait au bord du bois qui s'étend au N. du village; mais tout près du village même, on voit lesdites argiles bigarrées succéder à un grès brun, un peu micacé, mais compacte et non schistoïde, lequel est superposé lui-même à de gros rochers de dolomie cristalline identique à celle que j'ai indiquée dans la tranchée de Bühl. Ces mêmes rochers, mais plus

gros encore, se retrouvent formant pour ainsi dire le pavé du chemin à la sortie de Pexonne, du côté du S.-E., et ils ont là une pente très-prononcée vers le N.-O.

Dans la commune voisine, à Fenneviller, il existe trois tuileries qui exploitent aussi l'argile bigarrée, et on la trouve également dans le village même, superposée aux rochers de dolomie.

Les argiles rouges sont encore très-apparentes au N. de Badonviller, au delà du moulin dit le *battant des meules*. On les voit succéder aux bancs minces du grès bigarré, qui paraissent aussitôt qu'on sort de Badonviller; tandis que, plus au N. encore, elles font place, à Montreux, aux marnes grises du muschelkalk.

J'ai également suivi les argiles bigarrées aux environs de Baccarat.

Ainsi, on les voit à l'entrée du village de Gelacourt, du côté du S., et occupant, comme tout à l'heure, l'espace intermédiaire entre le grès bigarré, qui se trouve plus au S., vers Baccarat, et les marnes grises schisteuses du muschelkalk qui existent dans le village même de Gelacourt.

En allant de Baccarat à Fontenoy-la-Joûte, village situé à 8 kilomètres environ vers l'O., on suit le grès bigarré jusqu'au lieu dit *Voivre*, où il est constitué par les bancs minces, argileux, de couleur brune. Au delà, la nature du terrain est cachée par les cultures; mais quand on creuse dans la partie basse du village même de Fontenoy, on ne trouve que des argiles très-grasses, grises, verdâtres ou rougeâtres, que j'ai pu d'ailleurs observer dans les champs, à la partie la plus déclive de la côte qui s'étend vers Glonville. Et comme on voit plus haut, dans cette même côte, d'abord

les marnes grises schisteuses avec silex du muschelkalk, et puis les bancs calcaires eux-mêmes, les relations géognostiques des marnes bigarrées se trouvent ici de nouveau très-bien fixées.

Cette localité est à remarquer, particulièrement à cause du gypse qu'on y exploite. C'est au S. de Glonville, et sur le revers S.-O. du petit mamelon qui porte la cote 292. Le gypse est compacte, blanc ou gris, accompagné de marnes noirâtres, grisâtres ou rougeâtres, et surmonté par un banc de dolomie cariée et toute pénétrée de quartz. Le gîte paraît être fort circonscrit, comme cela, du reste, est habituel au gypse dans ces terrains. En tout cas, toute la côte qui est comprise au S.-E. de Glonville, entre le ruisseau de Mazerot, le bois du Rupt et la vallée de la Meurthe, est essentiellement constituée par des glaises qui ne permettent pas d'en séparer la partie dans laquelle on a seulement jusqu'ici reconnu le gypse; et cela, d'un autre côté, la rattache aux argiles bigarrées qui constituent la base du côteau qui s'étend de Glonville à Fontenoy. Si la côte s'élève de beaucoup au-dessus de cette base, cela peut tenir, d'une part, à la seule présence du gypse, qui porte presque toujours avec lui des faits de cet ordre, ou, d'autre part aussi, à la pente naturelle qu'ont les terrains vers l'O., pente qui fait que les plus anciens sont souvent à un niveau plus élevé que les plus récents, bien qu'avec une stratification à peu près horizontale.

C'est dans une position géologique toute pareille que se trouve le gypse accompagné d'argiles marneuses bigarrées, que l'on exploite à Hattigny, au N.-E. de Blamont, et celui qu'on a exploité autrefois à l'Est de Tanconville.

Les argiles bigarrées observées à la tranchée de Hesse, du canal de la Marne au Rhin, ne forment donc pas un accident isolé, mais elles appartiennent à un système de couches qui existe du N.-E. au S.-O. du département, entre le grès bigarré proprement dit et les marnes grises schisteuses du muschelkalk, et qui de plus renferme parfois du gypse.

D'ailleurs, il est bien naturel de voir dans ce gypse l'équivalent de celui qui, à Salzbronn, a été trouvé au-dessous des mêmes marnes grises, et qui n'est là que le satellite d'un puissant dépôt de sel gemme; et cela nous ramène à la question posée plus haut, de savoir : si le sel gemme de Salzbronn appartient bien exactement au même horizon géognostique que celui de la Souabe?

J'ai dit que, dans cette contrée, le sel gemme repose sur un puissant dépôt calcaire (60 à 70 mètres) appelé *wellenkalk*, qui constitue la partie inférieure du terrain du muschelkalk. Si le wellenkalk existait en Lorraine, l'identité des gîtes salifères serait évidente; mais on a vu que rien d'analogue ne se rencontre dans la coupe que nous avons étudiée en suivant le tracé du canal; et M. d'Alberti indique effectivement que le wellenkalk n'est pas développé dans la région des Vosges, où il se réduirait à des couches dolomitiques jaunes ou brunes formant passage au grès bigarré. Or, comme il arrive précisément que, dans la Souabe, le grès bigarré renferme aussi du gypse et du sel dans ses assises supérieures, qui consistent elles-mêmes, en général, en argiles bigarrées tout comme celles que nous cherchons à classer, il s'ensuit qu'on manque de base certaine pour dire si celles-ci, et par suite le dépôt salifère de la Moselle,

appartiennent au muschelkalk ou au grès bigarré. L'incertitude est d'autant plus grande que nous avons vu, dans la tranchée de Hesse, le caractère arénacé et la présence du mica se manifester un peu déjà dans des couches qui sont géologiquement supérieures aux argiles bigarrées, et que de certains calcaires gris bleu, fort semblables entre eux, se trouvent les uns au-dessus et les autres au-dessous de ces argiles. J'ai aussi fait remarquer, d'ailleurs, qu'aux environs de Saint-Avold, ce sont précisément les argiles plastiques bigarrées qui établissent le passage entre le grès bigarré et le muschelkalk. Au surplus, ces faits ne font qu'apporter des preuves de plus à l'appui de la grande connexion qui existe entre ces deux terrains, et qui a motivé leur réunion dans une même formation, celle du *trias*.

Quoi qu'il en soit, et si *intime* que puisse être cette connexion, comme il est pourtant nécessaire pour l'étude de poser la limite quelque part, je trouve des raisons suffisantes pour la placer au-dessous du système des argiles bigarrées avec gypses et sel, en faisant entrer par conséquent ce système dans le muschelkalk. Ces raisons, je les trouve dans cette double circonstance :

1° Que dans la Souabe, les argiles rouges supérieures du grès bigarré, qui là, d'ailleurs, sont plutôt schisteuses que plastiques, sont accompagnées de couches riches en fossiles qui ne paraissent en Lorraine que bien au-dessous de nos argiles bigarrées ;

2° Que dans cette même contrée, le grès bigarré renferme, dans ses assises tout à fait supérieures, au contact même du wellenkalk, des dolomies cristallines avec marnes dolomitiques,

qui me paraissent absolument identiques (j'ai les unes et les autres sous les yeux) à celles que j'ai signalées à la tranchée de Niederviller, c'est-à-dire à un niveau géologique plus bas que nos argiles bigarrées (1).

C'est à cette tranchée que nous avons laissé plus haut le tracé du canal de la Marne au Rhin. Il convient d'y revenir pour dire qu'à partir de ce point, le bief de partage reste toujours dans le grès bigarré. Le souterrain lui-même, qui est percé à l'aplomb du col d'Arschwiller, ne sort pas des gros bancs, des bancs à pierres de taille, des bancs inférieurs de ce grès; en sorte qu'on a pu franchir, sans rencontrer le grès vosgien, la chaîne des Vosges, ou plutôt la chaîne qui sépare le bassin de la Moselle de celui du Rhin. Ce n'est que tout à la sortie du souterrain que le grès bigarré vient butter contre le grès vosgien qui constitue ensuite la vallée du Teigelbach, puis ensuite celle de la Zorn, jusqu'aux abords de Saverne. Au reste, le fait que je viens de signaler, se rattache à une disposition de la ligne de faîte, déjà depuis longtemps reconnue, et qui a été ici fort heureusement mise à profit (2).

En résumé :

Le dépôt salifère de Salzbronn (Moselle) n'ap-

---

(1) J'ai dit que cette dolomie fournissait de bonne chaux hydraulique. Les marnes dolomitiques qui l'accompagnent, ou plutôt celles qu'elle recouvre sont exploitées pour *ciment*, près de Reding, à 5 kilomètres Est de Sarrebourg.

(2) Le bief de partage a 29 kilomètres de longueur. Le plat-fond du canal y est à la cote de 263 mètres au-dessus du niveau de la mer. La cote du col d'Arschwiller étant de 326 mètres, et ce col étant lui-même dans le grès bigarré, il s'ensuit que ce grès a là une épaisseur minimum de 63 mètres.

partient pas, comme celui de Vic et de Dieuze, au terrain des marnes irisées.

Mais il appartient, comme celui de la Souabe, au terrain du muschelkalk, et il y occupe la même position.

Le muschelkalk de la Lorraine doit être divisé en deux groupes : le groupe supérieur calcaire et le groupe inférieur marneux.

Le groupe marneux se divise lui-même en deux sous-groupes: le premier, composé de marnes schisteuses dolomitiques, jaunes ou grises; le deuxième, l'inférieur, consistant en argiles rouges et vertes, très-souvent plastiques, avec gypse et sel gemme.

Les deux groupes du muschelkalk lorrain correspondent exactement à ceux que M. d'Alberti a nommés groupe du calcaire de Friederichshall et groupe de l'anhydrite. Mais le wellenkalk de cet auteur, qui forme dans le S.-O. de l'Allemagne le membre inférieur du muschelkalk, ne se retrouve pas en Lorraine.

ERRATA DU TOME IV.

Page 186, ligne 8. *Au lieu* du second terme :

$$+\left(\frac{1+2,\ 303\ \log.\ \frac{p}{p_1}-\frac{p}{p_1}}{1+2,\ 303\ \log.\ \frac{p}{p_1}-\frac{p}{p_1}}\right)\left(1-\frac{40}{580+t}\right)$$

lisez : $$+\,n\left(\frac{1+2,\ 303\ \log.\ \frac{p}{p_1}-\frac{p}{p_1}}{1+2,\ 303\ \log.\ \frac{p}{p_1}-\frac{p}{p_1}}\right)\left(1-\frac{40}{280+t}\right)$$

Page 187, ligne 10. *Au lieu de :* où $C-H_1$ à $n\,\frac{p-1}{2p-1}$, *lisez :* où $C-H_n$ à $\frac{p-1}{2p-1}$.

Page 191, ligne 14. *Au lieu de :* 100.000 k, *lisez :* 100.000 K.

Même page, ligne 17. *Au lieu de :* 35,000, *lisez :* 35000.

Page 194, dernière ligne. *Au lieu de :* encore, *lisez :* aussi.

Page 198, dernière ligne. *Au lieu de :* 90, *lisez :* 80.

DE LA CONTINUITÉ

des gîtes métallifères en profondeur;

Par M. Amédée BURAT.

Si l'on examine les conditions de l'exploitation des mines dans les districts métallifères, on reconnait qu'en prenant, par exemple, pour point de départ l'année 1815, époque à laquelle leur situation était assez bien connue, les découvertes nouvelles n'ont eu qu'une faible part à la marche ascendante de la production des métaux autres que le fer. Le développement de la production s'est principalement effectué dans les pays de mines déjà exploités, soit par l'extension graduelle des travaux précédemment entrepris, soit par la reprise de mines déjà exploitées et abandonnées depuis un temps plus ou moins long.

Les seuls faits bien saillants, qui puissent être présentés comme des découvertes du dix-neuvième siècle, sont : 1° les lavages de sables aurifères de l'Oural, qui sont arrivés à un produit annuel de plus de 10.000 kilogrammes d'or; 2° les mines de cuivre exploitées dans l'île de Cuba, aux environs de Santiago, mines ouvertes en 1833 sur des travaux anciens et qui expédient actuellement 40.000 tonneaux de minerai à Swansea, au titre moyen de 16 p. 0/0, c'est-à-dire 6.400.000 kilog. de cuivre; 3° les gîtes calaminaires de la Belgique et de la Prusse rhénane qui, d'une production presque nulle, ont atteint le chiffre de 12.000.000 kil. de zinc; 4° les mines de plomb du Missouri et de l'Illinois, dont on n'a pas encore bien apprécié l'importance, mais qui fourniraient, dit-on,

30.000.000 kilogrammes de plomb; 5° les mines de cuivre du Lac Supérieur, dont l'exploitation s'organise sur une grande échelle.

Ces conquêtes du dix-neuvième siècle sont importantes, mais elles n'auraient pas suffi à couvrir l'accroissement de consommation si les districts métallifères connus et exploités précédemment, n'eussent travaillé au développement de leurs travaux, de manière à accroître aussi leur production. Le Cornwall donnant une forte impulsion à ses mines, s'est maintenu au premier rang dans la production du cuivre, et ne partage qu'avec Banca et Malacca le monopole de l'étain; les mines du Derbyshire, du Cumberland et de la Sierra de Gador restent les plus importantes dans le commerce des plombs; celles de l'Allemagne ont conservé leur suprématie pour l'exploitation des plombs argentifères, et pour le traitement des minerais mixtes d'argent, arsenic, plomb, nickel, cobalt, etc. La Silésie prime toujours dans la fabrication du zinc; Almaden dans celle du mercure. Les mines du Mexique sont toujours la source principale de l'argent versé dans le commerce.

Ce sont donc toujours les mêmes districts métallifères qui constituent la richesse minérale du globe. Si l'on examine la marche suivie par les travaux souterrains dans ces districts, on voit qu'une extension considérable a eu lieu dans le sens de la profondeur; si l'on jette en outre un coup d'œil sur l'avenir, on peut bien espérer qu'il surgira quelque nouveau centre de production, mais il reste évident que la principale ressource est toujours dans l'approfondissement des mines connues et exploitées.

Il est donc d'un grand intérêt d'apprécier les principes théoriques qui peuvent nous faire espé-

rer la continuation des minerais en profondeur et d'examiner les faits qui se sont produits par suite des approfondissements déjà exécutés. Tel est l'objet de cette note.

Quels sont les principes théoriques sur lesquels on peut s'appuyer, et quelle est la valeur de ces principes? La géologie est le seul guide de l'exploitation des mines; or, il y a dans la géologie des exemples nombreux de théories arbitraires et abandonnées. Nous nous proposons d'abord de constater que les idées théoriques appliquées dans les mines ont été établies sur des observations pratiques et qu'elles reposent sur des faits devenus inattaquables par leur nombre et leur généralité.

L'application de la géologie à l'exploitation des mines ne remonte qu'à l'année 1775, époque à laquelle Werner commença ses leçons à l'Ecole des mines de Freiberg. Six et sept siècles de travaux dans les mines de la Saxe et du Harz avaient en quelque sorte préparé les leçons de l'illustre professeur, qui eut ainsi à sa disposition une énorme accumulation d'études pratiques.

Les seuls environs de Freiberg offraient plusieurs centaines de filons métallifères, étudiés par des travaux souterrains et superficiels; les deux versants de l'Erzgebirge présentaient, depuis Altenberg et Zinnwald jusqu'à Joachimsthal, Schneeberg et Bleistadt, un champ d'observations encore plus vaste et plus varié. Dans le Harz, quatre faisceaux de filons puissants étaient exploités dans les environs de Clausthal et Zellerfeld, et le réseau complexe des filons d'Andreasberg était depuis longtemps en grande activité d'extraction; ces richesses des hautes régions du Harz dominaient un cercle de nombreux travaux disséminés

sur le périmètre et parmi lesquels se distinguaient les mines du Rammelsberg, d'Elbingerode, d'Ilefeld, de Lauterberg, etc... Comptons encore, dans le domaine que l'École allemande avait à exploiter, les filons des contrées traversées par la Fulda, la Werra et le Weser, depuis le Thuringerwald jusqu'à Minden; ceux du cercle de Siegen, du Taunus, du Westerwald et du Hundsrück, filons presque innombrables, alors en grande activité, dont les plans et les descriptions minutieuses étaient offerts à la science nouvelle.

Ce fut sur la réunion de tous ces matériaux que le génie de Werner appuya son Traité de la formation des filons: l'immense réputation de ses leçons fut due, moins à ses théories hypothétiques qu'aux doctrines et aux principes pratiques qu'il sut déduire de ce puissant faisceau de documents; c'était le résumé des études de toute l'Allemagne pendant huit siècles.

Les savants qui ont continué l'œuvre de Werner, prirent naturellement pour point de départ les contrées qui avaient servi de base à ses études, et si les hypothèses purement théoriques du fondateur ont été modifiées, ses travaux d'observation étaient tellement précis, que toutes les études postérieures et l'extension graduelle des exploitations n'ont fait que les confirmer. Le domaine de la science s'agrandit, des faits nouveaux vinrent se grouper autour de ceux qui avaient été observés par Werner, et ce fut à la culture continue de cette science, à la confiance qu'inspirèrent les principes établis, que les mines de toute l'Allemagne durent l'assurance classique et la perfection de leurs travaux. L'autorité du nom de Werner s'est augmentée de celles de Schmidt, Zim-

mermann, Hausmann, Freisleben, de Beust, de Weissenbach, Naumann, Cotta; de celle de M. de Humboldt qui, en plus d'une occasion, a fait ressortir la généralité des principes établis par Werner.

En France, nous avons successivement entendu MM. Brochant de Villiers, Dufrénoy et Elie de Beaumont, prêter l'appui de leurs observations et de leur enseignement aux travaux que M. Héron de Villefosse avait popularisés parmi nous. Ceux qui ont exclusivement dirigé leurs études vers les applications de la géologie, MM. Fournet, Daubrée, Paillette, de Hennezel, etc., ont continué l'œuvre de l'Ecole allemande en ajoutant des faits nombreux et importants pris dans d'autres contrées.

Une Ecole des mines, récemment fondée à Madrid, a suivi les mêmes principes et les a confirmés par des études remarquables, parmi lesquelles nous citerons celles de MM. Ezquerra del Bayo, don Luis de la Escosura, Pellico.

Les mineurs du Cornwall et du Devonshire, qui ont en quelque sorte établi leurs doctrines pratiques sur leurs seules observations, sont arrivés à une répétition presque littérale des doctrines allemandes. Ces principes portés par eux dans les mines du Nouveau-Monde, sont ainsi devenus universels, et les noms de de La Bêche, Jackson, Fox, Henwood, leur ont apporté un nouvel appui.

Résumons ces grands principes que tous ces observateurs et praticiens ont consacré par leurs travaux :

Les gîtes métallifères appartiennent à deux classes distinctes qui sont : les gîtes réguliers et les gîtes irréguliers.

Les gîtes réguliers comprennent tous les *filons*

qui résultent de cassures postérieures aux terrains encaissants et remplis postérieurement à leur formation par des gangues spéciales et des minerais, auxquels s'adjoignent les débris du toit et du mur. Ces gîtes sont essentiellement *indépendants* des terrains encaissants; ils abondent dans les terrains de transition et l'on en a trouvé dans les terrains du trias, dans les terrains jurassiques et jusque dans les formations crétacées supérieures; ils sillonnent également les granites, les porphyres et les roches trappéennes. Dans toutes ces positions, les filons affectent les caractères d'allure conformes à leur origine, ils se modifient suivant les conditions des roches fracturées, suivant les clivages plus ou moins faciles du terrain; mais ils conservent, dans leur plan de marche, la régularité et la continuité qui justifient leur définition.

Les gîtes irréguliers échappent au contraire à toute définition générale de forme et d'allure. Ils ont dans chaque localité des caractères tout à fait spéciaux; mais tous sont géognostiquement liés, à un degré plus ou moins grand, aux terrains qui les encaissent; soit qu'on les trouve immédiatement subordonnés à des roches éruptives, soit qu'intercalées dans des couches sédimentaires ils affectent un régime de contact éloigné avec les masses soulevantes et se suivent irrégulièrement dans certains plans de stratification et de clivage.

Dans ces deux classes de gîtes, la théorie nous signale les matières métallifères comme postérieures aux terrains encaissants, sauf les cas où elles sont parties intégrantes des roches éruptives, et ceux où elles ont été stratifiées avec les dépôts sédimentaires par l'effet d'un métamorphisme contemporain. De plus, un grand nombre d'ob-

servations autorise à conclure que les matières métallifères résultent de phénomènes souterrains dont le siége doit être au-dessous de l'écorce solide du globe.

Tels sont les principes généraux que la géologie applique aux mines et que l'on peut considérer comme démontrés. Dans chaque district métallifère, ces principes se détaillent par des considérations locales qui déterminent souvent des règles particulières, règles qui restent toujours subordonnées aux principes généraux.

Cette théorie des gîtes métallifères, dont les applications constantes et souvent hardies, assurent aux mines de Cornwall et de l'Allemagne une supériorité classique, peut aussi devenir l'occasion d'applications très-malheureuses, par suite d'une mauvaise interprétation. La condition première est, par exemple, de bien établir la distinction des gîtes réguliers et irréguliers. Celui qui faisant abstraction de tous les travaux de ses devanciers voudra retrouver les règles des filons dans des gîtes irréguliers comme ceux de la Sierra de Gador, sera nécessairement amené à contester ces règles, à soutenir que dans les mines tout est l'effet du hasard, à vouloir en un mot envelopper toute la doctrine géologique dans les conséquences de son erreur. Supposons au contraire ces mêmes gîtes de la Sierra de Gador étudiés par un praticien expérimenté, tel que MM. Paillette ou Gomez de Salazar, ces gîtes seront tout d'abord caractérisés comme irréguliers, puis l'interprétation des circonstances de leur irrégularité et de leur gisement fera reconnaître qu'ils se succèdent suivant certains plans, et que les travaux conformés à ces règles d'allure, et de gisement, auront en leur faveur, non pas l'assurance qu'on pourrait admettre dans

le cas de filons réguliers, mais le maximum des chances calculables par la théorie.

Ceux qui ont attaqué les principes généraux de la géologie appliquée à l'exploitation, ne les ont jamais attaqués sur le terrain où ils ont été établis. Ils ont opposé à cette masse immense de faits, à neuf siècles de travaux, quelques faits particuliers pris dans une seule exploitation. Le plus souvent ils ont opposé quelque filon anormal à cette multitude de filons réguliers, sans même soupçonner que l'insuffisante apparence de la théorie pouvait bien n'avoir d'autre motif que l'insuffisance de leurs travaux et de leurs interprétations.

Admettons, par exemple, que les filons de Poullaouen et du Huelgoat en Bretagne aient présenté un appauvrissement en profondeur, et que plusieurs tentatives aient été infructueuses pour trouver les minerais à un certain niveau. Pourrait-on en conclure qu'il est généralement imprudent de rechercher les filons en profondeur et que les grands principes de la science ne peuvent conduire qu'à des déceptions. Ne viendra-t-il pas à l'esprit de toute personne, même peu versée dans l'art des mines, que les recherches en profondeur ont pu être mal disposées, ou bien qu'elles n'ont pas eu un développement suffisant, puisque dans la Saxe, le Harz et le Cornwall beaucoup de filons se montrent riches à des profondeurs bien plus considérables que celle des mines de la Bretagne.

Pour discuter les conditions probables du régime des filons en profondeur, sous le double rapport de l'allure et de la composition, appliquons d'abord les idées théoriques, et nous mettrons ensuite les *faits* en regard des appréciations auxquelles nous aurons été conduits.

La continuité des filons, suivant leur direction,

a été généralement reconnue et mesurée, et ces mesures peuvent nous guider dans les hypothèses à faire sur leur continuité, suivant l'inclinaison. Les filons étant, en effet, des cassures déterminées dans l'écorce du globe par des causes souterraines, il doit exister une certaine solidarité entre les dimensions dans les deux sens. Il y a plus, les cassures ont eu une certaine difficulté à se propager dans le sens de la direction, parce que les terrains sont doués d'une plus ou moins grande flexibilité mais les causes de ces cassures étant souterraines, elles ont dû déterminer une propagation bien plus facile dans le sens de la profondeur. Plus nous descendons dans les filons, plus nous nous rapprochons du siége de l'action qui a déterminé leur formation.

Les filons de 500 mètres de continuité en direction sont de petits filons, et nous en pourrions citer un bien plus grand nombre qui dépassent 1.000 mètres. Les filons de Freiberg offrent des exemples fréquents de 4.000 mètres de continuité reconnue; ceux du Harz ont de 4.000 à 8.000 mètres; on compte 6.000 mètres au moins à Holzappel; enfin quelques filons atteignent 12.000 mètres et au delà.

Voyons comment notre hypothèse théorique d'une plus grande continuité en profondeur s'applique dans les mines où les travaux sont le plus développés. Le filon le Samson, d'Andreasberg, n'est connu que sur une longueur de 700 mètres en direction; or, ce filon est ajourd'hui exploré jusqu'à la profondeur de 800 mètres, sans qu'aucune altération dans son allure ait pu faire présumer une suppression.

Voici donc un exemple d'un filon dont la continuité suivant l'inclinaison dépasse de beaucoup la continuité en direction. Mais le Samson n'est

qu'une fissure du sol, de 0^m,60 d'écartement moyen ; si cette petite fissure offre de pareils traits de continuité, quelle hypothèse peut-on faire sur la continuité en profondeur des filons du Harz, qui ont 10 mètres de puissance moyenne et 8.000 mètres de direction. Les environs d'Andreasberg nous offrent plusieurs exemples de filons explorés à des profondeurs peu différentes de leur continuité en direction; il y en a d'autres à Joachimsthal; d'autres dans le Cornwall où, par exemple, les mines de Dolcoath ont reconnu jusqu'à plus de 600 mètres des filons qui n'ont présenté aucune variation d'allure quoique leur direction ne fût que de 800 à 1.000 mètres.

Mais on a attaqué moins la continuité des cassures que celle des minerais. Examinons ce second point :

La théorie ne pose ici qu'un seul principe : l'origine des minerais est due à des actions souterraines. En admettant que les profondeurs auxquelles nous pouvons descendre par les travaux souterrains, ne sont que des longueurs peu importantes comparativement à la distance qui existe de la surface aux foyers des émanations métallifères, nous serons toujours conduits à penser qu'il n'y a aucune raison générale pour que les filons se modifient dans leur composition moyenne, à mesure que nos travaux s'approfondissent. Voyons les faits :

Le groupe des filons de Clausthal et Zellerfeld au Harz, a présenté dès l'origine des concentrations de minerais sur les points les plus ramifiés de l'allure. C'est sur ces points que furent ouvertes les mines les plus productives, dont quelques-unes, telles que la Dorothée, la Caroline, etc., étaient encore en grande réputation à l'époque de l'administration de M. Héron de Villefosse (1812), et

avaient atteint la profondeur de 400 mètres. Depuis cette époque on les a approfondi jusqu'à 600 mètres, et ces mêmes mines ont toujours soutenu la production, de telle sorte qu'on a admis que les minerais qui, dans le sens de la direction, sont interrompus par des zones stériles considérables, ont beaucoup plus de continuité suivant l'inclinaison. La profondeur actuelle des mines de Clausthal est de 640 mètres.

Les filons du cercle d'Andreasberg, si différents dans les conditions de leur allure des filons de Clausthal, nous offrent un exemple non moins frappant de la continuité des minerais en profondeur. Ces filons, en 1812, étaient explorés jusqu'à la profondeur maximum de 510 mètres, on y avait trouvé le minerai en rubannements interrompus dans tous les sens, ayant 15 à 30 mètres au plus de continuité. A 660 mètres on a trouvé un des plus beaux rubannements dont on ait conservé la mémoire, et l'ensemble des mines a été approfondi jusqu'au maximum de 800 mètres sans qu'il y ait eu de perturbation dans les conditions générales de répartition des minerais.

Nous trouvons en Saxe des enseignements non moins précieux que ceux du Harz. La production s'y est continuée depuis 1815 par l'approfondissement général des mines. Mais aux environs de Freiberg, le niveau moyen des exploitations, qui est arrivé entre 300 et 400 mètres, étant près d'être épuisé sans que les moyens mécaniques dont on dispose pour l'épuisement des eaux pussent conduire au delà, on dut songer à assurer l'avenir de l'approfondissement par de nouveaux travaux. Il s'agissait de pratiquer une galerie d'écoulement à partir de la vallée de l'Elbe, galerie qui doit laisser derrière elle les travaux du même genre entre-

pris au Harz ou en Hongrie, et transporter le niveau moyen des exploitations à 600 mètres et au delà.

M. de Beust publia à cette occasion un grand travail où il établit que les divers systèmes de filons étant recoupés en profondeur, devaient, d'après toutes les données de la théorie et de la pratique, présenter un vaste champ à l'exploitation. La continuité des minerais en profondeur ne fut pas mise en doute et cette opinion de M. de Beust, appuyée par tous les conseillers des mines, par l'autorité si puissante de M. de Humboldt, enfin, on peut le dire, par l'opinion unanime des praticiens et de toute la population des mines, fut adoptée par le gouvernement saxon. Une confiance absolue accueillit cette décision d'après laquelle les travaux furent commencés en 1844, et pas une voix ne s'éleva contre cette application hardie des *grands principes* de l'art. Certes, s'il eût existé parmi les praticiens de la Saxe une opinion contraire à la continuité de la richesse des filons en profondeur, elle n'eût pas manqué de se produire à cette occasion, car nulle part la richesse n'a eu plus de mobilité. Les mines d'Himmelfürst qui, du temps d'Héron de Villefosse, étaient les plus productives, sont aujourd'hui dans une situation très-médiocre, tandis que les mines d'Himmerfahrt, qui n'étaient que peu estimées, sont devenues les plus riches; mais ces variations n'ont pas fait révoquer en doute les produits de l'avenir, parce qu'en embrassant un vaste champ d'exploitation, l'expérience a démontré que la production pouvait être soutenue et développée. Le seul fait qui ait été discuté fut la substitution des méthodes d'approfondissement employées au Cornwall, c'est-à-dire l'emploi de puissantes machines à vapeur, au lieu de la galerie d'écoulement.

En Cornwall, les mines s'approfondissent en effet d'une manière générale et plus rapide, par l'application des machines à vapeur sur la plus grande échelle, et le produit de ces mines va toujours se développant en raison des travaux. Les capitaines des mines de ce pays sont sans contredit les plus hardis praticiens, la stérilité des affleurements ne les effraye pas, et nombre de filons qui ne présentaient dans les parties supérieures que le gossan stérile, ont été productifs dans les zones de 200 à 400 mètres. On avait d'abord cru qu'à partir de 400 mètres la richesse diminuait un peu, mais aujourd'hui beaucoup de mines ont atteint avec succès des zones de 500 et 600 mètres.

Dans ce pays, comme dans tous les districts métallifères, beaucoup de mines aujourd'hui en grande activité ont été reprises après des premiers travaux improductifs. Le dernier exemple des mines de Wheal Maria en Devonshire, mérite d'être cité. C'est un filon situé près Tavistoch, qui avait été anciennement exploité et sur lequel des travaux de reprise avaient été inutilement entrepris en 1843, après trente-cinq années d'abandon. Les recherches recommencèrent sous la direction de M. Hitchins, praticien expérimenté, et furent couronnées du succès le plus éclatant que présentent les annales de Cornwall.

Ces exemples de filons déclarés appauvris en profondeur, abandonnés, puis repris avec succès lorsque les travaux reçurent une impulsion énergique et rationelle, se retrouvent dans tous les districts métallifères. Voici encore un des plus récents :

Le filon de quartz cuprifère de Rheinbreitenbach est classique dans le massif du Rhin, et célèbre

parmi nous par les beaux échantillons de phosphate de cuivre et de malachite lamelleuse que présentèrent les affleurements. En profondeur, le minerai normal de ce filon consistait en cuivre panaché qui forme dans le quartz des rubannements ou des agglomérations en chapelet, et l'exploitation avait été assurée par une galerie d'écoulement de 1.000 mètres de longueur. Au bout d'une longue période de production, les travaux descendus au-dessous du niveau de cette galerie, furent abandonnés par suite des raisons ordinaires qui font déclarer un gîte appauvri et limité en profondeur. Les produits étaient devenus médiocres, les eaux gênaient, et des accidents avaient limité le champ d'exploitation. L'abandon était complet, lorsque, en 1840, MM. Rhodius, appuyés des conseils du savant M. de Dechen, reprirent les travaux en les assurant par une machine à vapeur, aujourd'hui les minerais sont retrouvés, et cette mine va reprendre, dans la production, le rang qu'elle n'eût jamais perdu, si les premiers exploitants eussent eu plus de confiance dans les principes théoriques.

Dans une classe de filons moins réguliers, les filons de contact, nous trouverons de beaux exemples de richesse soutenue et même développée en profondeur.

A Almaden, les filons cinabrifères sont explorés jusqu'à 300 mètres, la richesse s'est toujours parfaitement soutenue, et les ingénieurs espagnols ont une confiance absolue dans les travaux du fond.

Le beau filon de Monte-Catini en Toscane, fut exploité, pendant neuf années, par l'honorable M. Porte, dont l'existence fut si laborieuse dans

la reprise des mines de ce pays. Les produits avaient été toujours médiocres, et la confiance de M. Porte était ébranlée, lorsque la compagnie qui lui succéda trouva à 80 mètres, en contre-bas de la première galerie d'écoulement, une des plus belles accumulations de cuivre panaché et pyriteux qu'on puisse citer dans l'histoire des mines. Depuis dix années, les travaux se poursuivent en profondeur sans aucun appauvrissement, et les exploitants ont entrepris avec confiance de très-grands travaux (entre autres une galerie de 1.400 mètres) dirigés par l'ingénieur Schneider, travaux qui doivent assurer un approfondissement considérable.

Voici des exemples qui démontrent la généralité du principe de continuité des minerais en profondeur; nous en citerons encore quelques-uns pour établir que dans un grand nombre de localités, la distribution des minerais a été beaucoup plus constante, suivant l'inclinaison que suivant la direction. Ainsi, beaucoup de filons présentent en direction quelques zones riches, séparées par des zones pauvres ou stériles qui ont ordinairement beaucoup plus d'importance; en suivant les filons suivant leur inclinaison, on a trouvé que ces zones étaient continues, qu'elles se répétaient avec les mêmes caractères dans les étages inférieurs, et cela jusqu'à des profondeurs considérables, de telle sorte que les parties métallifères formaient des espèces de colonnes ou cheminées montantes de fond, qui n'étaient guère interrompues que par des serrements.

Telle est, avons-nous dit, la structure des filons de Clausthal au Harz; telle est également celle des grands filons argentifères du Mexique. C'est une règle pratique très-suivie dans le Cornwall de re-

chercher les minerais toujours au-dessous des parties riches déjà connues. En Algérie, des travaux considérables ont été entrepris sur des filons de cuivre gris, filons tout à fait vierges dans lesquels cette loi a été tout d'abord mise en évidence. Des travaux ouverts depuis quelques années dans les filons des environs de Villefranche, ont constaté que les minerais y constituaient des zones assez étroites, mais qui ont été trouvées continues suivant la profondeur. Dans quelques filons du Nassau, ces zones étaient obliques, c'est-à-dire suivaient une diagonale entre la direction et l'inclinaison.

Tous ces faits prouvent-ils que des travaux en profondeur doivent être considérés comme infaillibles? Non sans doute ; ces travaux restent soumis aux chances des mines, dans lesquelles rien n'est absolument certain. Ils démontrent cependant que les grands principes de continuité en profondeur sont appuyés sur l'expérience. Ils démontrent encore que, dans le cas d'une tentative infructueuse, il ne faut pas encore se prononcer d'une manière absolue, mais qu'il faut examiner si le filon qu'on suppose fermé en profondeur n'a pas simplement subi un de ces accidents que révèle l'étude théorique et pratique de la science.

Les filons d'Holzappel furent longtemps considérés comme fermés en profondeur dans une certaine partie de leur course. Une étude plus attentive démontra que ces filons, dont les plans se rapprochent beaucoup des plans de stratification du terrain encaissant, avaient simplement éprouvé un déplacement latéral de 10 à 15 mètres, passant ainsi d'un clivage dans un autre, et que les deux parties étaient réunies par une fente de raccordement horizontale, laquelle était serrée de telle sorte qu'elle avait échappé aux premières

recherches. Cet exemple, parfaitement décrit par M. Bauer, a rayé la seule objection solide faite à la continuité, et l'existence des minerais retrouvés au-dessous de ces changements d'allure assure, par un fait de plus, les grands principes géologiques.

Examinons maintenant les conditions d'allure de quelques gîtes irréguliers, et nous allons voir le principe de la continuité des minerais en profondeur revêtir, il est vrai, des formes très-capricieuses, mais s'étayer par des observations nouvelles.

La zone de calcaire anthraxifère qui affleure dans la vallée de la Meuse, de Huy jusqu'à Chockier, se continue depuis Liége jusqu'à Aix-la-Chapelle et Eschweiler, disparaît vers Duren, sous les alluvions du Rhin, puis reparaît au delà de Dusseldorf, à Iserlohn et à Brilon; cette zone présente vers son contact avec les schistes houillers et les psammites, avec lesquels alterne le calcaire, une série de gîtes irréguliers insérés entre les plans relevés de la stratification. Les gîtes sont remplis d'oxydes de fer, de carbonates et silicates de zinc, de blende et de galène; ceux de Huy, Engis, Moresnet, Verviers, Stolberg..., ont servi de base au développement de la fabrication du zinc en Belgique et en Prusse.

Ces gîtes calaminaires étaient encore regardés, il y a peu d'années, comme des remblais superficiels accumulés dans des cavités préexistantes. Cette opinion résultait précisément de quelques travaux infructueux tentés pour trouver en profondeur la suite des amas superficiels; depuis, les travaux ont pris une marche rationnelle, et l'on a reconnu que les amas superficiels se continuaient suivant les plans de la stratification du terrain,

mais par des ramifications souvent complexes, sinueuses et de section très-variable. La généralisation de cette continuité, établie par les travaux d'Engis et de Verviers, a obtenu l'adhésion complète de M. d'Omalius d'Halloy et de nombreux praticiens, parmi lesquels je citerai M. Simon, directeur des exploitations de la Nouvelle-Montagne, et M. Goschler, ingénieur des mines de Stolberg.

La continuation en profondeur de ces canaux souterrains s'effectue par des mouvements quelquefois tellement bizarres et inattendus, que l'on s'explique comment de premiers travaux, entrepris pour la constater, étaient restés infructueux. Ainsi, par exemple, la continuité du célèbre gîte de Moresnet (la Vieille-Montagne) n'est pas encore constatée, quoique plusieurs travaux rationnels aient été entrepris dans ce but : est-ce à dire qu'elle soit contestable? Non, sans doute, et les ingénieurs qui ont étudié les travaux souterrains d'Engis, Verviers, Stolberg, etc..., n'attribuent l'insuccès qu'à l'insuffisance des travaux et non pas à celle du principe.

Il y a plus, les études souterraines sont aujourd'hui assez avancées pour nous autoriser à supposer qu'en profondeur, les oxydes et les carbonates métallifères qui constituent ces gîtes doivent se transformer en sulfures. Ces amas superficiels ne seraient par conséquent que les chapeaux de fer, le gossan très-développé, de gîtes souterrains composés de pyrites, de blende et de galène. La métallurgie moderne est arrivée à traiter la blende aussi bien que la calamine, de telle sorte qu'on peut considérer la continuation du minerai comme assurée, mais il y a dix ans, ce changement de nature eût seul suffi pour faire déclarer le minerai comme limité en profondeur.

Telle est en effet l'histoire des pacos et des colorados du Nouveau-Monde. Beaucoup de ces gîtes ont été considérés comme épuisés, uniquement parce que les ressources métallurgiques du pays ne pouvaient tirer le même parti des sulfures qu'on trouvait en profondeur que des oxydes de la superficie.

Les gîtes irréguliers qui, maintenant, prennent une si grande part dans la production des métaux sont longtemps restés à l'état d'abandon, par cela même qu'ils avaient été exploités les premiers. Les anciens avaient enlevé les parties supérieures, et s'étaient arrêtés devant les difficultés de l'approfondissement, car, dans ces gîtes, la stérilité succède souvent aux plus grandes puissances de richesse. Ces anciennes exploitations n'offraient plus que des dépressions superficielles déterminées par l'écroulement des travaux souterrains, ou des vides irréguliers, en partie remblayés, communiquant entre eux par des conduits étroits et sinueux, et dont les parois étaient complétement dépouillées de minerai. La reprise de ces mines est chose souvent hasardeuse, car les règles des filons ne peuvent être appliquées, et il est souvent très-difficile de se rendre compte de loin de distribution des minerais. Beaucoup de tentatives ont été cependant heureuses, et les mines de Santiago de Cuba, d'après les documents qui m'ont été communiqués par M. Arrieta, paraissent devoir fournir un argument des plus intéressants au principe de la continuité en profondeur appliqué aux gîtes irréguliers.

Les gîtes de Santiago sont des gîtes de contact, subordonnés à des amphibolites très-développées qui rappellent tous les caractères des grunsteins de Dillenburg, et qui paraissent suivre les plans de stratification des schistes soulevés. Un d'eux, l'Isabé-

lita, présente la section d'un demi-cercle, et, suivant l'expression des mineurs, s'enfonce comme un clou dans l'intérieur du sol. Ce gîte a été déjà suivi jusqu'au delà de 200 mètres avec des chances variables, sans doute, mais avec une grande confiance de la part des exploitants dans le principe de la continuité.

Ainsi, le travail de l'exploitation des mines se poursuit dans toutes les contrées du globe, sur les gîtes réguliers et sur les gîtes irréguliers, en vertu de ce grand principe de la continuité en profondeur, principe établi par les théories géologiques.

La négation de cette théorie serait l'anéantissement de l'art de l'ingénieur et de la production des métaux.

Si quelques anomalies subsistent, si, par exemple, les gîtes irréguliers de la Sierra de Gador ont donné lieu à quelques travaux infructueux, si les filons de Poullaouen et du Huelgoat offrent quelques symptômes d'appauvrissement, nous en appellerons à des travaux de recherche plus développés. A ceux qui ont prétendu que l'application des théories de la science peut conduire à des déceptions, nous répondrons que l'exploitation est et sera toujours une industrie hasardeuse, que des déceptions sont possibles, eu égard à la lenteur et aux difficultés des travaux, mais que la négation des théories doit conduire nécessairement à l'impuissance et à la ruine. Une exception, fût-elle constatée, ne détruirait pas les grands principes de l'art, et nous pensons être l'organe de tous les praticiens, en maintenant ceux qui ont été fondés par l'Académie de Freiberg, développés et modifiés par soixante et dix années d'observations faites dans toutes les parties du monde.

ANALYSE

du cuivre gris de Mouzaïa;

Par M. EBELMEN, ingénieur des mines.

On exploite depuis quelque temps en Algérie, au pied du col de Mouzaïa, une mine de cuivre qui paraît fort importante. Les filons sont composés principalement de fer carbonaté et de cuivre gris. On trouve ce dernier tantôt en masses compactes, tantôt en cristaux dont la forme dominante paraît se rapporter à celle d'un dodécaèdre rhomboïdal, mais avec de nombreuses modifications sur les arêtes et sur les angles.

M. Berthier a donné déjà (*Annales des mines*, 3ᵉ série, t. XIX, p. 697) quelques indications sur ce minerai. Les échantillons qu'il a examinés provenaient de la crête des filons, et se trouvaient notablement altérés. M. Berthier n'en a pas fait l'analyse complète. Il s'est contenté de déterminer leur teneur en argent, qu'il a trouvée de 0,0008 pour 1 de minerai.

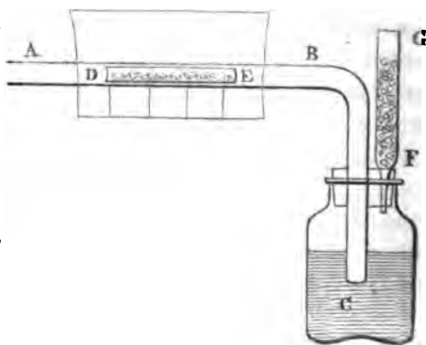
Je dois à l'obligeance de M. Masson d'avoir pu examiner de nouveau cette substance. Les échantillons qu'il m'a remis présentaient un grand nombre de petits cristaux très-éclatants de cuivre gris sur une gangue composée de fer carbonaté et de baryte sulfatée. En laissant pendant quelque temps ces échantillons en digestion dans de l'acide chlorhydrique étendu et chaud, le carbonate de fer s'est dissous, et il a été facile dès lors d'isoler complétement du reste de la gangue, les petits cristaux de cuivre gris que l'acide chlorhydrique n'avait nullement altérés.

Des essais qualificatifs faits par les méthodes ordinaires ont prouvé que cette substance contenait du soufre, de l'arsenic, de l'antimoine, du cuivre, du fer et du zinc. J'y ai recherché le plomb, le bismuth et le mercure sans en trouver la moindre trace. Plusieurs essais faits au laboratoire de l'École des mines, sur divers échantillons que M. Masson nous avait confiés, ne nous ont pas donné d'argent en quantité notable. Ce résultat, comparé à celui obtenu par M. Berthier, montre que l'argent est réparti fort irrégulièrement dans l'étendue des filons.

La densité des cristaux a été à 23° de 4,749.

J'ai employé, pour analyser le cuivre gris de Mouzaïa, la méthode de M. H. Rose, qui consiste à se servir du chlore sec, mais en modifiant légèrement son appareil. M. H. Rose se sert d'un tube recourbé à deux boules, qui est embarrassant pour l'introduction et la pesée des matières. En outre, la poudre métallique, étant placée tout entière dans une des boules de l'appareil, ne présente à l'action du chlore qu'une faible surface, ce qui rend l'attaque longue et difficile.

Je me suis servi de préférence de la disposition suivante :



ABC est un large tube en verre vert, qui a été recourbé à angle droit en B. La poudre métallique a été pesée dans un autre tube en verre plus étroit, ou-

vert aux deux bouts, dont la longueur était d'environ $0^m,12$, et qu'on introduisait en DE dans la partie horizontale du large tube recourbé. Celui-ci plongeait de quelques centimètres dans une solution d'acide tartrique. Après avoir traversé cette solution, les gaz s'échappaient dans l'air par le tube FG, long de $0^m,20$, qui était rempli de fragments de porcelaine mouillés par la liqueur tartrique. L'expérience m'a prouvé que cette précaution était nécessaire pour retenir complétement les chlorures volatils.

Le courant de chlore sec arrivait par l'extrémité A du tube recourbé qui était placé sur une grille en tôle de $0^m,20$ de longueur, et chauffé avec du charbon. L'attaque a eu lieu avec la plus grande facilité. Le cuivre gris absorbe déjà le chlore à la température ordinaire. Il faut chauffer avec précaution dans le commencement de l'expérience et éviter, vers la fin, d'élever la température jusqu'au ramollissement du verre. A cette température, le protochlorure de cuivre serait volatilisé en quantité très-notable avec les autres chlorures. En opérant sur 2 grammes environ de matière, l'attaque était toujours terminée en moins d'une heure. On laissait refroidir l'appareil, puis on en retirait le tube DE qu'on mettait en digestion dans de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique. La dissolution dans l'eau acide a toujours été complète sans aucun résidu de gangue ou de matière inattaquée.

La liqueur tartrique retenait le soufre, l'antimoine et l'arsenic avec du fer et du zinc. On a lavé avec soin le tube recourbé ABC, ainsi que le tube rempli de fragments de porcelaine, et toutes

ces liqueurs ont été réunies dans le même flacon. On a chauffé légèrement pour se débarrasser du chlore libre, puis on a recueilli, sur un filtre pesé sec, le soufre non dissous, dont la proportion était toujours très-faible. Dans l'une des analyses, la dissolution avait été complète. La liqueur filtrée a été précipitée par le chlorure de baryum, ce qui a donné le reste du soufre. On s'est débarrassé de l'excès de baryte par quelques gouttes d'acide sulfurique, puis on a fait bouillir la liqueur filtrée avec de l'acide sulfureux pour changer l'acide arsénique en acide arsénieux. L'hydrogène sulfuré a précipité de cette solution des sulfures d'antimoine et d'arsenic qu'on a recueillis sur un filtre bien sec et desséchés à 100°, jusqu'à ce que leur poids devint tout à fait constant. Les sulfures ont été analysés de la manière suivante : une partie de la matière a été traitée par l'eau régale, et on a dosé le soufre partie à l'état libre, partie à l'état de sulfate de baryte; une autre partie des sulfures a été chauffée dans un tube à boule au milieu d'un courant d'hydrogène. Le soufre et l'arsenic ont été entraînés en totalité. On a pesé l'antimoine qui restait dans la boule; l'arsenic a été dosé par différence.

La liqueur d'où l'on avait séparé l'antimoine et l'arsenic par l'hydrogène sulfuré contenait encore du fer et du zinc. On l'a réunie à celle qui renfermait les chlorures non volatils, mais dont on avait préalablement séparé le cuivre par un courant d'hydrogène sulfuré. Le sulfure de cuivre a été redissous sur le filtre même par de l'eau régale chaude versée goutte à goutte. Puis la liqueur acide a été précipitée par la potasse étendue et bouillante. On a dosé le cuivre à l'état d'oxyde noir.

Quant à la liqueur qui contenait encore le fer et le zinc avec de l'acide tartrique, on l'a saturée par de l'ammoniaque et du sulfhydrate d'ammoniaque. Le précipité a été redissous dans l'eau régale, et la liqueur obtenue traitée par un excès d'ammoniaque. Le fer a été dosé à l'état de peroxyde. La liqueur ammoniacale évaporée fortement à sec avec un excès de carbonate de soude a donné l'oxyde de zinc.

Voici les résultats de trois analyses et d'une attaque par l'eau régale, faite simplement pour doser le soufre :

	1re analyse.	2e anal.	3e anal.	4e anal. attaq. par l'E. R.
	Sur 1gr,7095.	Sur 2gr,0975.	Sur 2gr,457.	Sur 1gr,978.
Soufre. . . .	27,37	26,94	non dosé.	27,45
Antimoine. .	14,54	non dosé.	15,00	»
Arsenic. . .	8,98	non dosé.	9,26	»
Cuivre. . .	41,35	41,90	41,45	»
Fer.	4,74	4,67	4,58	»
Zinc.	2,30	2,20	2,21	»
	99,28			

La moyenne de toutes ces déterminations donne :

			Rapports atomiques.
Soufre. . . .	27,25		13,625
Antimoine. . .	14,77	1,831	3,776
Arsenic. . . .	9,12	1,945	
Cuivre. . . .	41,57		10,505
Fer.	4,66	1,331	1,881
Zinc.	2,24	0,550	
	99,61		

Pour calculer les rapports atomiques, j'ai admis les nombres suivants pour représenter les atomes : S = 200,0, As = 468,75, Sb = 806,45, Cu = 395,7, Zn = 406,6, Fe = 350,0.

Si l'on compare la composition du cuivre gris de Mouzaïa à celle des minéraux de la même espèce qui proviennent d'autres localités, on leur trouvera la plus grande analogie avec celui de Sainte-Marie-aux-Mines qui a donné à M. H. Rose :

Soufre. . .	26,83
Antimoine.	12.46
Arsenic. . .	10,19
Cuivre. . .	40,60
Fer.	4,66
Zinc . . .	3,69
Argent. . .	0,60
	99,03

Il me reste à examiner si la formule générale que M. Henri Rose attribue aux cuivres gris,

$$Su^{21}(Sb, As)^{6}\,Cu^{16}(Fe, Zn)^{4}$$

$$= 2\dot{C}u^{4}(\dddot{S}b, \dddot{A}s) + \left\{\begin{matrix} \dot{F}e \\ Zn \end{matrix}\right\}^{4} (\dddot{S}b, \dddot{A}s),$$

est applicable au cuivre gris de Mouzaïa.

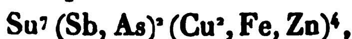
Le rapport de 6 à 21 ou de 2 à 7, qui représente, d'après la formule précédente, celui de l'antimoine et de l'arsenic réunis au soufre, se retrouve très-exactement avec le cuivre gris de Mouzaïa. Mais la proportion de fer et de zinc est ici beaucoup trop faible pour satisfaire à la formule de M. H. Rose.

La tennantite du Cornwall, dont les cristaux se rapportent à ceux du cuivre gris, se trouve dans le même cas que le minéral de Mouzaïa. M. Kudernatsch y a trouvé :

		Rapp. atom.	
Soufre. . . .	27,76	13,88	7
Arsenic. . . .	19,10	4,07	2
Cuivre. . . .	48,94	12,36	»
Fer.	3,57	1,02	»
Antimoine. .	traces.	»	»
Quartz. . . .	0,08	»	»
	99,45		

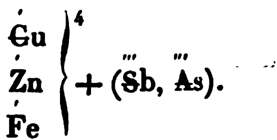
On peut lever la difficulté d'une manière satisfaisante, si l'on admet qu'une double molécule de cuivre Cu^2 peut remplacer une molécule de fer ou de zinc, ou, si l'on veut, que le protosulfure de cuivre Cu^2S est isomorphe dans ces combinaisons avec les protosulfures de fer et de zinc FeS, ZnS.

En admettant qu'il en soit ainsi, la composition de la plupart des cuivres gris analysés par M. H. Rose, et la composition du cuivre gris de Mouzaïa se représentent bien par la formule générale très-simple :



$$Su^7\,(Sb, As)^2\,(Cu^2, Fe, Zn)^4,$$

qui donnerait la formule équivalente :



$$\left.\begin{matrix} \dot{\rm Cu} \\ \dot{\rm Zn} \\ \dot{\rm Fe} \end{matrix}\right\}^4 + (\dddot{\rm Sb}, \dddot{\rm As}).$$

Cette formule s'applique également aux cuivres gris et à la tennantite. Entre ce dernier minéral,

qui ne renferme que de l'arsenic et le cuivre gris de Zilla, analysé par M. H. Rose, qui ne contient que de l'antimoine, viennent se placer les cuivres gris de Sainte-Marie-aux-Mines et de Mouzaïa, qui contiennent à peu près parties égales d'arsenic et d'antimoine, et permettent ainsi de rapprocher les deux termes extrêmes de cette série de minéraux.

ANALYSE

du kupfernickel d'Ayer;

Par M. EBELMEN, ingénieur des mines.

Ce minéral provient d'Ayer, dans la vallée d'Annivier (H[t] Valais). Ses caractères physiques sont ceux que présente habituellement le kupfernickel. Il forme des masses compactes sans trace de cristaux, mais qui paraissent parfaitement homogènes. Il est mélangé de chaux carbonatée laminaire qu'on en sépare facilement par l'acide chlorhydrique étendu.

La densité du minerai purifié a été trouvée de 7,39, à la température de 16°.

L'analyse a été faite en traitant le minéral purifié par l'eau régale. On a précipité l'acide sulfurique par le chlorure de baryum, puis l'excès de baryte par quelques gouttes d'acide sulfurique. On a changé l'acide arsénique en acide arsénieux par l'ébullition avec de l'acide sulfureux, puis l'arsenic a été précipité par l'hydrogène sulfuré. Le sulfure d'arsenic pesé bien sec a été analysé, en le traitant par l'eau régale, pour obtenir le soufre; en chauffant une autre portion dans un courant d'hydrogène, il est resté un faible résidu d'antimoine. La liqueur débarrassée du sulfure d'arsenic, a été rapprochée avec de l'acide nitrique et précipitée par l'ammoniaque en excès; il s'est fait un précipité peu abondant de peroxyde de fer, qui retenait un peu de nickel, à en juger par sa couleur. On l'a redissous sur le filtre même dans l'acide chlorhydrique; puis la liqueur a été traitée par le carbonate de baryte à froid. Le peroxyde

de fer s'est précipité seul. On l'a séparé aisément du carbonate de baryte avec lequel il était mélangé. La liqueur contenant le nickel a été traitée par l'acide sulfurique, puis on a réuni la liqueur filtrée à la dissolution ammoniacale qui contenait le reste du nickel. Celle-ci a été précipitée par la potasse à l'alcool employée en excès. On a recueilli le précipité, lavé à l'eau bouillante, et dosé le nickel à l'état d'oxyde. Quant à la liqueur ammoniacale, elle a donné par le sulfhydrate d'ammoniaque un léger précipité noir qui a été recueilli, calciné et pesé, et qui a donné avec le borax la réaction du cobalt.

En réunissant tous ces résultats, on a trouvé dans une analyse faite sur 2 grammes du minéral :

				Rapp. atomiques.
Arsenic.	54,05	} —		115
Antimoine. . .	0,05			
Nickel.	43,50	—	118,0	} 120,2
Cobalt.	0,32	—	0,9	
Fer.	0,45	—	1,3	
Soufre.	2,18			10,9
Gangue.	0,20			
	100,75			

Le rapport atomique de l'arsenic est bien évidemment ici de 1 à 1, comme dans l'espèce Ni As qui constitue le kupfernickel ordinaire; mais il est nécessaire de tenir compte du soufre qui existe probablement à l'état d'arsénio-sulfure de nickel Ni As S (nickel gris), dans lequel le nickel et l'arsenic se trouvent dans le même rapport que dans le kupfernickel : il y aurait 10 à 12 p. o/o de nickel gris, à l'état de mélange intime, dans le minéral d'Annivier.

SUR UN GENRE PARTICULIER

d'isomorphisme, jouant un rôle important dans le règne minéral.

Par M. SCHEERER DE CHRISTIANA. (Ann. de Poggendorff, 1846, t. LXVIII.)

(Extrait par M. Achille DELESSE, ingénieur des mines.)

J'ai été conduit aux considérations qui suivent sur l'isomorphisme par l'étude de deux minéraux; le premier de ces minéraux est la *cordiérite*, et le second une substance minérale nouvelle à laquelle je propose de donner le nom d'*aspasiolithe*.

La *cordiérite* que j'ai analysée provenait de Krageroë en Norwége; elle avait une couleur améthyste faible, ou bien elle était complétement incolore, ce qui la faisait alors ressembler à du quartz gras. Des expériences faites avec soin ont donné pour sa composition :

	I.	II.	Moyenne.
Silice.	50,44	50,44	50,44
Alumine.	33,22	32,68	32,95
Magnésie.	12,43	13,08	12,76
Chaux.	1,08	1,17	1,12
Protoxyde de fer.	0,79	1,12	0,96
Protoxyde de manganèse. .	trace.	trace.	trace.
Eau.	1,17	0,87	1,02
	99,13	99,36	99,25

En admettant que le fer contenu dans le mi-

néral est à l'état de peroxyde et non de protoxyde, ce qui paraît probable, puisque des quantités très-faibles de ce dernier suffisent pour colorer en vert un silicate qui ne renferme pas d'autres matières colorantes, on a pour les proportions d'oxygène :

$\dddot{Si} = 32,20$; $\dddot{R} = 15,64$; $\dot{R} = 5,26$.

Ce qui correspond à très-peu près à la formule :



$\dot{R}^3 \dddot{Si}^2 + 3\dddot{R}\dddot{Si}$.

L'*aspasiolithe*, qui se trouve dans le même gisement que la cordiérite, a, sous le rapport de la couleur, de l'éclat et de la translucidité, une grande ressemblance avec la serpentine ; elle est ordinairement d'un vert clair comme celui de l'émeraude ou de l'huile; cependant quelquefois elle est colorée en brun ou en brun rouge par de l'oxyde de fer interposé. Sa densité = 2,764. Sa dureté, dans les morceaux bien purs, est seulement un peu supérieure à celle de la chaux carbonatée. On ne la trouve que rarement cristallisée.

Au chalumeau, elle est fusible; elle donne de l'eau dans le tube, et, avec le sel de phosphore ou avec le borax, elle donne la réaction de la silice et du fer.

L'analyse a donné :

	I.	II.	Moyenne.
Silice.	50,29	50,51	50,40
Alumine.	32,40	32,35	32,38
Magnésie.	8,04	7,97	8,01
Chaux.	traces.	traces.	traces.
Protoxyde de fer.	2,30	2,39	2,34
Protoxyde de manganèse. .	traces.	traces.	traces.
Eau.	6,58	6,88	6,73

On a par conséquent pour les quantités d'oxygène :

$$\dddot{Si} = 26,18; \qquad \dddot{Al} = 15,12;$$

$$\dot{R} = 3,63; \qquad \dot{H} = 5,98.$$

Mais ces proportions ne permettent pas d'arriver à une formule simple.

Cependant si on compare la composition de l'aspasiolithe avec celle de la cordiérite de Krageroë, on trouve que dans les deux minéraux la silice et l'alumine sont à peu près dans les mêmes proportions, seulement dans le premier, il y a plus d'eau, et au contraire, moins de magnésie. Ces remarques acquerront une grande importance, si on observe que les deux minéraux ont *absolument la même forme cristalline* et cristallisent suivant un prisme hexagonal régulier d'un angle de 120° présentant les modifications oP, $\infty P \infty$ et $\infty P \infty$; mais en outre, sur un seul et même échantillon, on peut voir des cristaux qui sont *formés en partie d'aspasiolithe et en partie de cordiérite;* le centre est ordinairement de la cordiérite, et il y a passage à l'aspasiolithe, comme il est facile de s'en convaincre, en ayant égard au changement de couleur et de dureté. Il n'est du reste pas possible d'admettre qu'il y a eu une altération, car ni le feldspath ni le mica de la roche encaissante n'ont rien perdu de leur éclat et de leur fraîcheur dans la cassure; par conséquent, il faut nécessairement que la *cordiérite* et l'*aspasiolithe* soient *isomorphes*, et leur isomorphisme est tel qu'*une quantité déterminée d'eau remplace une quantité déterminée de magnésie.*

Si nous admettons que 3 atomes d'eau se substituent à 1 atome de magnésie, en supposant en outre que le fer est à l'état d'oxyde, nous avons pour l'aspasiolithe :

$$\overset{\cdots}{\mathrm{Si}} = 26{,}18; \qquad \overset{\cdots}{\mathrm{\bar{R}}} = 15{,}52; \qquad \dot{\mathrm{R}} = 5{,}37.$$

Nous avons déjà obtenu pour la cordiérite :

$$26{,}20; \qquad 15{,}64; \qquad 5{,}26.$$

D'après ce qui précède, nous voyons donc que l'identité de forme de la cordiérite et de l'aspasiolithe sera expliquée si on admet qu'un atome de magnésie peut être remplacé dans un composé isomorphe par 3 atomes d'eau.

L'étude d'une série d'autres minéraux va nous montrer du reste de nouveaux exemples de ce genre particulier d'isomorphisme, et commençons pour cela par les hydrosilicates de magnésie :

Serpentine.

Quand on examine les résultats des analyses de serpentine, on trouve qu'ils diffèrent beaucoup entre eux, surtout sous le rapport de la teneur en eau.

Mais admettant que 3 atomes d'eau peuvent se substituer à 1 atome de magnésie, nous trouverons, en prenant la moyenne des analyses qui paraissent mériter le plus de confiance, que les proportions d'oxygène, de la silice et des bases à 1 atome, y compris l'eau, sont entre elles :: 100 : 96,4. Si on observe que la serpentine est un minéral qu'il est très-rare d'avoir à l'état de pureté, qui, de plus, éprouve souvent des altérations produites par l'action de l'air, et ayant pour

effet de lui faire perdre une partie de son eau, on devra regarder ces deux quantités d'oxygène comme égales, et si on représente par le signe ($\dot{R}$) l'ensemble de toutes les bases à 1 atome, en y comprenant l'eau, on aura, pour la formule de la serpentine :



$$(\dot{R})^3 \dddot{Si}.$$

Mais cette formule est précisément celle du péridot $\dot{R}^3 \dddot{Si}$, par conséquent, la serpentine peut être considérée comme un péridot contenant de l'eau, et dans lequel l'eau remplace comme isomorphe une quantité plus ou moins grande de magnésie, de protoxyde de fer et de protoxyde de manganèse; il est facile de comprendre, d'après cela, pourquoi la *serpentine cristallisée* de Snarum *a la même forme cristalline que le péridot*; car il y a les *mêmes relations entre l'aspasiolithe et la cordiérite qu'entre la serpentine et l'olivine*.

Cherchons maintenons à appliquer les principes qui précèdent à d'autres minéraux, et voyons à quelle formule nous serons conduits.

I. Silicates.

A. *Silicates de magnésie et des bases isomorphes*.

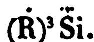
MINÉRAUX DE LA FAMILLE DE LA SERPENTINE.

1) *Gymnite* (Thomson).

D'après l'analyse de M. Thomson, on a, pour l'oxygène de la silice, $\dddot{Si} = 20,86$, mais dans ce nombre qui donne l'oxygène se trouve compris 1,16 d'alumine ferrugineuse, et si on la retranche,

on a pour l'oxygène de la silice 20,36; pour les bases isomorphes à 1 atome $(\dot{R}) = 36{,}00\ \dot{M}g + 21{,}60\ \dot{H} + 0{,}80\ \dot{C}a + \ldots\ldots)$.... 20,56.

Par suite, le rapport entre les quantités d'oxygène est de 1 à 1, et on a pour la formule de la gymnite :



$$(\dot{R})^3\ \dddot{Si}.$$

2) *Deweylite* (Shepard).



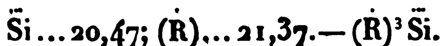
$\dddot{Si}$... 20,78; $(\dot{R}) = (40{,}0\ \dot{M}g) + 20{,}0\ \dot{H}$)... 21,40.



Formule : $(\dot{R})^3\ \dddot{Si}$.

L'hydrosilicate de magnésie de Baltimore a une composition analogue d'après Allan.

3) *Villarsite* (Dufrénoy).



$\dddot{Si}$... 20,47; $(\dot{R})$... 21,37. — $(\dot{R})^3\ \dddot{Si}$.

4) *Dermatin* (Ficinus).



$\dddot{Si}$... 19,74; $(\dot{R})$ ... 18,79. — $(\dot{R})\ \dddot{Si}$.

5) *Chrysotil* (Metaxite) (Delesse).

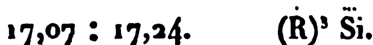


$\dddot{Si}$ ... 21,90; $(\dot{R})$... 20,60. — $(\dot{R})^3\ \dddot{Si}$.

$\dot{R} = 41{,}9\ \dot{M}g + 3{,}0\ \dot{F}e + 13{,}6\ \dot{H}$; en outre il y a 0,4 $\dddot{Al}$.

L'asbeste de Reichenstein aurait la même formule, d'après M. de Kobell, et il en serait de même de la baltimorite de M. Thomson; on a en effet pour la première le rapport 22,4 : 20,04, et pour la deuxième, 20,57 : 19,45.

6) *Chlorophaïte* (Forchammer).



17,07 : 17,24. $(\dot{R})^3\ \dddot{Si}$.

Tous les minéraux qui précèdent ont une teneur en eau variant de 5,80 à 42,15 p. o/o, et quoiqu'ils présentent de grandes différences dans leurs compositions chimiques, par les considérations que nous avons exposées sur l'isomorphisme, on les ramène à avoir même formule que la serpentine. La villarsite est le seul de ces minéraux qu'on ait trouvé jusqu'à présent nettement cristallisé : son système cristallin est le même que celui de la serpentine, mais le prisme de la villarsite a un angle de 120°, tandis que celui de la serpentine est de 130°; toutefois, les petites diagonales des deux prismes sont entre elles comme tang. 65° : tang. 60° = 2,144 : 1,732, ou à peu près :: 5 : 4.

La forme primitive de la villarsite pourrait donc, d'après cela, être considérée comme une des formes dérivées de la serpentine.

7) *Pikrophyll* (Svanberg).

L'expérience a donné, pour les rapports d'oxygène :

25,85 : 16,35;

Si on admet 25,00 : 16,66,

on a la formule $(\dot{R})^2 \dddot{Si}$.

$(\dot{R}) = 30,10\ \dot{M}g + 6,86\ \dot{F}e + 0,87\ \dot{C}a + 9,83\ \bar{H}$.

Il y a en outre 1,11 d'alumine; si on retranche cette dernière comme formant un silicate tribasique, on a, pour les proportions d'oxygène, 25,22 : 16,35, c'est-à-dire à peu près le rapport ci-dessus de 3 à 2.

8) *Aphrodite* (Berlin).

Analyse.	26,79 : 17,11	Formule $(\dot{R})^2 \dddot{Si}$.
Calcul.	26,79 : 17,86	

9) *Spadaïte* (de Kobell).

Analyse : 29,09 : 15,38 } $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2$.
Calcul : 29,09 : 14,55 }

$(\dot{R}) = 30,67 \dot{Mg} + 0,66 \dot{Fe} + 11,34 \dot{H} + 0,66 \dddot{Al}$
$+ 0,67$ perte.

10) *Pikrosmine* (Magnus).

Analyse : 28,39 : 15,16 } $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2$.
Calcul : 30,00 : 15,00 }

$(\dot{R}) = 33,35 \dot{Mg} + 0,42 \dot{Mn} + 7,30 \dot{H} + 0,19 \dddot{Al}$.
$+ 1,40 \dddot{Fe} + 1,85$ perte.

11) *Monradite* (A. Erdmann).

Analyse : 29,09 : 15,39 } $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2$.
Calcul : 29,09 : 14,55 }

$(\dot{R}) = 31,36 \dot{Mg} + 8,55 \dot{Fe} + 4,04 \dot{H} + 0,4$, excès.

12) *Talc* (Berthier).

1) Du Petit Saint-Bernard.

Analyse : 30,24 : 14,49 } $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2$.
Calcul : 30,12 : 15,06 }

2) De Sainte-Foix.

Analyse : 28,88 : 13,59 } $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2$.
Calcul : 28,88 : 14,44 }

Dans le 1er, $(\dot{R}) = 33,2 \dot{Mg} + 4,6 \dot{Fe} + 3,5 \dot{H}$;

Dans le 2e, $(\dot{R}) = 19,7 \dot{Mg} + 11,7 \dot{Fe} + 8,1 \dot{Ca} + 2,6 \dot{H}$.

En outre, le talc de Sainte-Foix contient 1,7 $\dddot{Al}$; si on la retranche comme formant un sesqui-silicate, les proportions d'oxygène deviennent 27,69 : 13,59, c'est-à-dire à peu près = 2 : 1.

13) *Ecume de mer.*

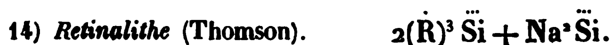
1) De Cabanas, d'après M. Berthier: 27,93 : 15,14
2) De Coulommiers, d'après M. Berthier: 28,05 : 15,22
3) Du Maroc, d'après M. Damour: 28,57 : 15,28

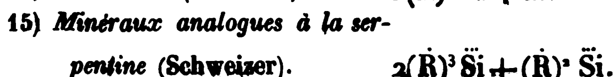
} $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2$.

D'après ce qui précède, on voit que la *spadaïte*, la *pikroscmine*, la *monradite*, le *talc*, et peut-être aussi l'*écume de mer*, ont la même formule chimique : la teneur en eau dans $(\dot{R})$ varie entre 2, 6 et 20,0. La *pikroscmine*, la *monradite* et le *talc* sont cristallisés dans le système du *prisme à base rhombe*; les angles obtus sont de 127° dans la *pikroscmine*, de 130° dans la *monradite*, et de 120° dans le *talc*. Le prisme primitif de la *monradite* et de la *pikroscmine* est donc à peu près le même que celui de la *serpentine*, tandis que celui du *talc* est le même que celui de la *villarsite*. Ce rapprochement semble bizarre, parce que la *serpentine* et la *villarsite* sont représentées par $(\dot{R})^3 \dddot{Si}$, tandis que les trois autres minéraux ont la formule $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2$; cela paraît démontrer toutefois que des minéraux, dont la formule chimique représente différents degrés de saturation d'un même radical, peuvent, dans *certains cas*, avoir la même forme cristalline, ou au moins une forme cristalline peu différente.

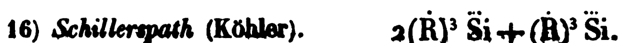
Si nous poursuivons maintenant, d'après les principes qui ont été exposés précédemment, la transformation des formules des diverses substances minérales, en donnant seulement les for-

mules finales auxquelles conduit cette transformation, nous aurons :


14) *Retinalithe* (Thomson). $2(\dot{R})^3 \dddot{Si} + Na^2 \dddot{Si}$.


15) *Minéraux analogues à la serpentine* (Schweizer). $2(\dot{R})^3 \dddot{Si} + (\dot{R})^2 \dddot{Si}$.

Ils proviennent du mont Rose, de Zermatt et du col de Bréona.


16) *Schillerspath* (Köhler). $2(\dot{R})^3 \ddot{Si} + (\dot{R})^3 \dddot{Si}$.


17) *Krokidolithe* (Stromeyer). $3(\dot{R}) \ddot{Si} + 2(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2$.

Ainsi on voit que la *retinalithe*, les *minéraux* de M. Schweizer *analogues* à la *serpentine*, et le *schillerspath* présentent un groupe de minéraux dont les formules peuvent se diviser en deux parties ; la première contient de l'eau et représente de la serpentine, tandis que la deuxième partie est un silicate anhydre de bases à un atome d'oxygène. Quant à la *krokidolithe*, on peut la considérer comme une *hornblende* contenant de l'eau.

B. *Silicates de magnésie et des bases isomorphes, combinés avec des aluminates ou avec des ferrates.*

CHLORITE ET MINÉRAUX DE CETTE FAMILLE.


1) *Chlorite.* $2(\dot{R})^3 \dddot{Si} + (\dot{R}) \dddot{Al}$.


2) *Schiste chloritique* (Varrentrapp). $3(\dot{R})^3 \dddot{Si} + (\dot{R}) \dddot{Al}$.


3) *Ripidolithe.* $3(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2(\dot{R}) \dddot{Al}$.


4) *Pennine* (Schweizer). $4(\dot{R})^3 \dddot{Si} + (\dot{R}) \dddot{Al}$.


5) *Xanthophyllite* (Meitzendorff). $4(\dot{R})^2 \dddot{Si} + 3(\dot{R})^2 \dddot{Al}^2$.

6) *Leuchtenbergite* (Komonen). $4(\dot{R})^2\dddot{Si} + (\dot{R})^3\dddot{Al}^2$.

7) *Minéral de Taberg* de la famille des chlorites (Svanberg). $3\dot{M}g^2\dddot{Si} + (\dot{R})^2\dddot{Al}$.

Jusqu'à présent, malgré sa grande ressemblance avec la chlorite, ce minéral avait été rangé parmi les micas, parce que la quantité des bases à un atome d'oxygène était trop faible; mais maintenant, en comptant l'eau parmi ces bases, il vient prendre place dans la famille des chlorites.

8) *Kammererite* (Hartwall). $6\dot{R}^2\,\dddot{Si}^2 + (\dot{R})^3\dddot{Al}^2$.

La pyrosklérite de M. de Kobell paraît pouvoir être représentée par la même formule :

9) *Sismondine* (Delesse). $(\dot{R})^3\,\dddot{Si}^2 +)\dot{R})\,\dddot{Al}^3$.

Chloritoïde (de Bonsdorff). $(\dot{R})^3\,\dddot{Si}^2 + (\dot{R})\,\dddot{Al}^2$.

Chloritspath (Erdmann). $2\dot{R}\,\dddot{Si} + \dot{R}\,\dddot{Al}$.

10) *Seifenstein* (Svanberg). $6(\dot{R})^2\,\dddot{Si} + \dot{R}\,\ddot{R}$.

11) *Cronstedite* (de Kobell) $(\dot{R})^3\,\dddot{Si} + (\dot{R})\,\dddot{Fe}$.

Cette formule est très-voisine de celle de la chlorite, car elle n'en diffère qu'en ce que le sesquioxyde de fer remplace l'alumine, et en ce que le premier terme $(\dot{R})^3\,\dddot{Si}$ est multiplié par 2 dans la chlorite; la forme cristalline de la cronstédite justifie du reste sa place dans la famille des chlorites, car son système cristallin est un prisme hexagonal présentant un clivage facile parallèlement à la base.

En résumant ce qui précède, on voit que la *chlorite*, la *ripidolithe*, la *pennine*, ainsi que les autres minéraux de la famille des chlorites se

laissent facilement représenter par une formule à deux termes, dont le premier terme est un silicate, et le deuxième terme un aluminate ou un ferrate.

C. *Silicates de magnésie et d'alumine ainsi que des bases isomorphes.*

a) Mica et minéraux analogues.

1) *Mica* d'Iviken (Svanberg). $(\dot{R})\dddot{Si}^2 + \dddot{\bar{R}}\dddot{Si}^3$.

2) *Id.* de Brattstad (*id.*). $(\dot{R})\dddot{Si}^2 + 2\dddot{R}\dddot{Si}^2$.

3) *Id.* de Broddbo (*id.*). $(R)\dddot{Si} + 2\dddot{R}\dddot{Si}^2$.

4) *Id.* de Rosendal (*id.*). $2(\dot{R})^2\dddot{Si} + \dddot{Al}\dddot{Si}$.

5) *Id.* de Pargas (*id.*). $3(\dot{R})^2\dddot{Si} + 4\dddot{R}\dddot{Si}$.

6) *Id.* de Monroë (de Köbell). $(\dot{R})^3\dddot{Si} + \dddot{R}\dddot{Si}$.

7) *Id.* d'Abborforss (Svanberg). $(\dot{R})^3\dddot{Si} + 4\dddot{R}\dddot{Si}$.

8) *Id.* de Sala (*id.*). $2(\dot{R})^3\dddot{Si} + \dddot{R}\dddot{Si}$.

9) *Pyrophyllite* (Hermann). $3(\dot{R})\dddot{Si} + 2\dddot{Al}^2\dddot{Si}^2$.

10) *Pinite* d'Auvergne (C. Gmelin). $3(\dot{R})\dddot{Si} + 2\dddot{R}^2\dddot{Si}^3$.

Cette formule est celle de la pyrophyllite d'Hermann; seulement, la pinite contient de l'alumine et du peroxyde de fer.

11) *Pinite* de Penig (Scott). $(\dot{R})\dddot{Si} + 2\dddot{R}^2\dddot{Si}^3$.
Elle aurait donc la même formule que le mica de Broddbo.

12) *Gigantolithe* (Trolle Wachtmeister). $(\dot{R})^3\dddot{Si}^2 + 4\dddot{R}\dddot{Si}$.

13) *Chlorophyllite* (Witteney). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + \dddot{Al} \dddot{Si}$.

14) *Ottrélite* (Damour). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + \dddot{Al} \dddot{Si}$.

Ces deux derniers minéraux auraient la même formule, et ils paraissent aussi avoir la même forme cristalline, qui serait le prisme hexagonal.

Tous les minéraux qui viennent d'être rangés dans la famille des micas ont une teneur en eau variant de 1 à 6 p. o/o; quand on cherche à établir leurs formules chimiques sans tenir compte de la quantité d'eau comme nous l'avons fait ci-dessus, on arrive à des résultats peu vraisemblables; les micas renferment aussi une petite quantité de fluorures de calcium et de magnésium, mais comme elle atteint à peine 1 p. o/o, elle sature probablement une partie des bases à 1 atome, et il n'est pas nécessaire de la faire entrer dans la formule.

b) Minéraux différents des micas.

α. *Cristallins.*

1) *Fahlunite* (Trolle Wachtmeister). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\dddot{R} \dddot{Si}$.

2) *Esmarkite* (A. Erdmann). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\dddot{Al} \dddot{Si}$.

3) *Pyrargillite* (Nordenskiold). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\dddot{Al} \dddot{Si}$.

La *fahlunite*, l'*esmarkite* et la *pyrargillite* auraient, d'après cela, la même formule, qui serait aussi celle de l'épidote et de la méionite; du reste, la forme de la pyrargillite et de la fahlunite paraissent être les mêmes.

4) *Prasiolithe* (Erdmann). $2(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 3\dddot{Al}^3 \dddot{Si}$.

5) *Zenocite* (Thomson). $3(R)^3 \dddot{Si} + 2\dddot{Al}^3 \dddot{Si}^2$.

6) *Roselan* (Svanberg). $(\dot{R})^2 \dddot{Si} + 2\dddot{R}\,\dddot{Si}$.

7) *Kirwanite* (Thomson). $6(\dot{R})^2 \dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si}$.

8) *Stellite* (Thomson). $9(\dot{R})^2 \dddot{Si} + \dddot{R}^2 \dddot{Si}^3$.

9) *Weissite* (Trolle Wachtmeister). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}^2$.

L'*Aspasiolithe* est représentée par la même formule. $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}^2$.

10) *Rhodalithe* (Thomson). $3(\dot{R})\dddot{Si} + \dddot{R}\,\dddot{Si}$.

11) *Neurolithe* (*id.*). $(\dot{R})\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si}^3$.

β. *Amorphes.*

1) *Pechstein* (Du Mesnil). $2(\dot{R})\dddot{Si}^2 + \dddot{R}\,\dddot{Si}^2$.

2) *Cimolite* (Klaproth). $(\dot{R})\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si}^2$.

3) *Onkosine* (de Köbell). $(\dot{R})\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si}$.

4) *Terre de pipe* (Thomson). $3(\dot{R})\dddot{Si} + \dddot{R}\,\dddot{Si}^3$.

5) *Fettbol* (Kersten). $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + \dddot{R}\,\dddot{Si}$.

6) *Huronite* (Thomson). $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 3\dddot{Al}\,\dddot{Si}$.

7) *Agalmatolithe* (*id.*). $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 3\dddot{R}\,\dddot{Si}$.

8) *Savon de montagne* de Plombières (Berthier). $(\dot{R})^2 \dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si}$.

9) *Nontronite* de Villefranche (Dufrénoy). $(\dot{R})^2 \dddot{Si} + \dddot{R}\,\dddot{Si}$.

10) *Kaolin* (Forchammer). $(\dot{R})^2 \dddot{Si} + 3\dddot{Al}\,\dddot{Si}$.

11) *Nontronite* d'Andreasberg (Biewend). $3(\dot{R})^2 \dddot{Si} + 4\dddot{Fe}\,\dddot{Si}$.

Nontronite (Berthier). $(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 2\dddot{R}\,\dddot{Si}$.

Cette dernière formule, à laquelle il est probable qu'on doit ramener la nontronite de Biewend, est en même temps celle de la *scapolite* et de l'*amphodelithe*.

12) *Saponite* Piolin (Svanberg). $4(\dot{R})^2 \dddot{Si} + \ddot{Al}\,\dddot{Si}$.

13) *Pinguite* (Kersten). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + \ddot{Fe}\,\dddot{Si}$.

C'est la formule du grenat et celle du mica de Miask.

14) *Bol.* $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\ddot{R}\,\dddot{Si}$.

Cette formule est celle de la *pyrargillite*.

15) *Eisensteinmark* (Schuler). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\ddot{R}\,\dddot{Si}$.

16) *Halloysite* de La Voulte et de Thiviers (Dufrénoy). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 2\ddot{R}\,\dddot{Si}$.

17) *Savon de montagne* de Thuringe (Bucholz). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + \ddot{R}\,2\dddot{Si}$.

On peut remarquer qu'entre l'*épidote* et la *méionite* il y a sept minéraux différents qui se laissent représenter par cette dernière formule : ce sont la *fahlunite*, l'*esmarkite*, la *pyrargillite*, le *bol*, l'*eisensteinmark*, l'*halloysite* (de La Voulte et de Thiviers), ainsi que le *savon de montagne* de la Thuringe.

18) *Halloysite* de Liége (Berthier).
Id. de Guartegué (Boussingault).
Id. de Bayonne (Berthier).
Tuesite (Thomson).
} $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 4\ddot{Al}\,\dddot{Si}$.

19) *Gilbertite* (Lehunt). $(\dot{R})^3 \dddot{Si} + 6\ddot{R}\,\dddot{Si}$.

Kérolithe (Maak). $2(\dot{R})^3 \dddot{Si} + \ddot{Al}\,\dddot{Si}$.

Cette formule est celle de la gehlenite et du mica de Sala.

21) *Chonikrite* (de Kobell). $4(\dot{R})^3 \dddot{Si} + \dddot{\overline{Al}}^2 \dddot{Si}$.

22) *Savon* de montagne d'Arnstedt (Ficinus). $(\dot{R})^6 \dddot{Si} + \dddot{\overline{R}}^2 \dddot{Si}$.

D'après ce qui précède, on voit que tous ces hydrosilicates amorphes, lorsqu'on y considère l'eau comme jouant le rôle de base, peuvent se représenter par des formules très-simples et qui ressemblent beaucoup à celles des autres silicates.

II. Borates.

1) *Datolithe.* $3(\dot{Ca} \dddot{Si} + \dot{Ca} \dddot{B}) + (\dot{R}) \dddot{Si}$.

2) *Botryolithe.* $3(\dot{Ca} \dddot{Si} + \dot{Ca} \dddot{B}) + (\dot{R})^2 \dddot{Si}$.

Les formules ordinaires proposées par M. Rammelsberg représentaient bien la composition chimique de ces minéraux, mais elles admettaient l'existence de silicate d'acide borique, ce qui paraissait peu vraisemblable.

III. Phosphates.

A. *Phosphates de fer.*

1) *Vivianite* de Sainte-Agnès, Cornwall (Stromeyer). $(\dot{Fe})^5 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$.

2) *Fer phosphaté bleu* d'Hillentrop. $(\dot{Fe})^5 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$.

3) *Vivianite* de Bodenmais (Vogel). $(\dot{Fe})^5 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 5H$.

Il faut remarquer qu'il est peu probable que les vivianites de Bodenmais et de Cornwall, qui ont la même forme cristalline, aient une composition chimique différente. La différence des formules tient sans doute à une erreur d'analyse.

4) *Mullicite* (Thomson). $(\dot{\mathrm{Fe}})^{5}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}} + 5\dot{\mathrm{H}}$.

5) *Vivianite* de l'Ile-de-France (Laugier). $(\dot{\mathrm{Fe}})^{10}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$.

B. *Phosphates de cuivre.*

L'oxyde de cuivre n'est pas isomorphe avec la magnésie, le protoxyde de fer, etc. On ne peut donc pas admettre que 3 atomes d'eau se substituent à un atome d'oxyde de cuivre, mais, d'après des considérations que j'aurai l'occasion de faire connaître par la suite, on peut admettre que 2 atomes d'eau remplacent 1 atome d'oxyde de cuivre dans des composés isomorphes. Si nous partons de ce principe, nous aurons :

1) *Libéthenite* (Berthier). $(\dot{\mathrm{Ca}})^{5}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$.

2) *Phosphorocalcite* (Lynn). $(\dot{\mathrm{Ca}})^{5}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}} + 5\dot{\mathrm{H}}$.

3) *Phosphate de cuivre* d'Ehl, près de Rheinbreitenbach (Bergmann). $3\mathrm{Cu}^{5}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}} + 10\dot{\mathrm{H}}$.

4) *Phosphate de cuivre* de Hirschberg (Kühn). $(\mathrm{Cu})^{15}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}^{2}$.

IV. Arséniates.

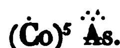
A. *Arséniates des terres.*

Pikropharmacolithe (Stromeyer). $(\dot{\mathrm{R}})^{5}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{As}}$.

Cette formule est celle de la vivianite, de la libéthenite et du blaueisenerde; comme la pharmacolithe ne contient pas d'autre terre que la chaux, on ne connaît pas quelle est la quantité d'eau isomorphe qu'il faut lui substituer.

B. *Arséniates de cobalt.*

Arséniate rose de cobalt (Berzélius).



$(\dot{Co})^5 \overset{.....}{As}$.

Cette formule est encore celle de la vivianite du Cornwall; ce qui est du reste parfaitement d'accord avec l'identité de forme cristalline des deux minéraux : identité qui a été démontrée par M. G. Rose.

C. *Arséniates de cuivre.* $(\dot{Cu}^5 \overset{.....}{As})$.

1) *Olivenite* (Richardson). $\dot{Cu}^5 \overset{.....}{As} + 5\dot{H}$.

2) *Euchroïte* (Turner). $\dot{Cu} \overset{.....}{As} + 10\dot{H}$.

3) *Kupferschaum* (Kobell). $3\dot{Cu}^5 \overset{.....}{As} + \dot{H}$.

4) *Erinite* (Turner). $2(\dot{Cu})^{10} \overset{.....}{As} + 15\dot{H}$.

5) *Kupferglimmer* (Chenevix).

V. Sulfates.

1) *Sulfate de fer* (Mitscherlich). $(\dot{Fe})^3 \dddot{S}$.

2) *Sulfate de magnésie.* $(\dot{Mg})^3 \dddot{S} + \dot{H}$.

3) *Sulfate de zinc.* $(\dot{Zn})^3 \dddot{S} + \dot{H}$.

4) *Sulfate de cobalt* (Winkelblech). $(\dot{Co})^3 \dddot{S} + \dot{H}$.

Sulfate de cobalt de Bieber (Kopp). $(\dot{Co}) \dddot{S} + 6\dot{H}$.

Sulfate de nickel artificiel. $(\dot{Ni})^3 \dddot{S} + \dot{H}$.

5) *Sulfate de cuivre.* $(\dot{Cu})^3 \dddot{S} + \dot{H}$.

6) *Sulfate de cuivre basique* (Berthier). $(\dot{Cu})^6 \dddot{S} + \dot{H}$.

7) *Sulfate d'alumine.* $\ddot{Al} \dddot{S} + 18\dot{H} = 2(\dot{R})^3 \dddot{S} + \dddot{Al} \dddot{S}$.

8) *Alun.* $3(\dot{R})^3 \dddot{S} + \dddot{Al} \dddot{S}$.

9) *Alunite de la Tolfa* (Cordier). $(\dot{R})^3 \dddot{S} + \dddot{Al}^3 \dddot{S}^2$.

En jetant les yeux sur ce tableau, qui donne la composition des sulfates neutres, on voit qu'en général, indépendamment d'un atome d'eau de cristallisation $\dot{H}$, ils renferment $6\dot{H} = 2(\dot{R})$ combinés comme base avec l'acide sulfurique. Ce résultat concorde bien avec une remarque de Graham, qui avait observé que ces sels perdent très-facilement 6 atomes d'eau par la chaleur, mais retiennent avec plus de force le septième atome, qui ne s'en va qu'à une température plus élevée.

En terminant ce mémoire, je ferai remarquer qu'il résulte des faits nombreux que j'ai rapportés, que l'eau doit nécessairement être considérée comme jouant le rôle de base dans le règne minéral; en outre, je pense qu'on peut admettre, comme démontré par les nombreux exemples qui ont été cités, que 1 *atome de magnésie*, de *protoxyde de fer*, de *protoxyde de manganèse*, et probablement aussi de *protoxyde de cobalt* et de *nikel*, ainsi que d'*oxyde de zinc* peuvent être remplacés par 3 *atomes d'eau* dans des composés isomorphes; de même 1 *atome d'oxyde de cuivre* peut être remplacé par 2 *atomes d'eau*.

Il résulte de là un isomorphisme d'un genre nouveau, et si nous appelons celui qui était déjà

connu *isomorphisme monomère*, nous pourrons donner à celui que nous venons de faire connaître dans ce mémoire le nom d'*isomorphisme polymère*.

MÉMOIRE

sur la fabrication des produits arsenicaux à Reichenstein (Silésie prussienne);

Par M. L. VILLE, Ingénieur des mines.

Reichenstein est une petite ville de 2.000 âmes, située dans la Silésie prussienne, au pied de la chaîne du Riesengebirge, qui sépare cette province de la Bohême. On y voit dans les environs des amas considérables de scories noires, compactes, très-lourdes, dont l'origine remonte à deux cents ans avant la réforme. On traitait autrefois à Reichenstein des minerais de plomb aurifères, contenant beaucoup d'arsenic qu'on chassait par volatilisation. Cet arsenic, qui jadis était un produit tout à fait accessoire, est devenu maintenant l'objet d'un traitement métallurgique spécial. Seulement on ne le retire plus des mêmes minerais; on l'extrait en abondance d'un gisement de pyrite arsenicale situé sur le Riesengebirge, à un kilomètre environ de Reichenstein.

Gisement de la pyrite arsenicale dans la serpentine.

Un filon de serpentine sur lequel sont dirigés tous les travaux d'exploitation sert de gangue à la pyrite arsenicale. Il est incliné de 65 à 70° vers le S.-O. et court au milieu du gneiss, dans la direction N. 12° O.-S. 12° E., avec une épaisseur très-variable, allant de 8 à 20 et parfois à 82 mètres. Le fer arsenical s'y trouve disséminé d'une manière très-irrégulière. Il n'en occupe ni toute la longueur ni toute la largeur, il y est en

amas dont l'épaisseur moyenne est de 10 mètres. Ces amas sont eux-mêmes formés parfois de boules complétement métalliques, dont le diamètre s'élève à plusieurs mètres. La serpentine a une couleur variant du bleu au noir. Elle contient de la chlorite et des filons d'arbeste de $0^m,04$ à $0^m,05$ d'épaisseur, ayant leurs fibres perpendiculaires aux salbandes. A l'ouest de la serpentine, la montagne se compose essentiellement de gneiss gris noirâtre à grains très-fins. A l'Est on voit dominer le calcaire de transition à larges lames cristallines, de couleur grisâtre, traversé par des masses de diopside contenant elle-même du fer arsenical, des grenats rouges et des cristaux de chaux carbonatée.

Diopside.

Minéraux accidentels.

Le fer arsenical est souvent accompagné dans la serpentine de fer oxydulé compacte ou cristallisé en octaèdres, de pyrite de fer jaune et blanche, d'or, de blende et de cristaux de quartz.

Système d'exploitation suivi à la mine de fer arsenical.

Passons maintenant au système d'exploitation suivi à la mine de Reichelross. Ce système est très-simple. Il consiste à enlever le minerai sur toute la largeur qu'il occupe, par étages successifs, en allant de bas en haut. On remplit le vide formé dans chaque étage, soit avec la roche stérile laissée dans la mine, soit avec des débris venant du dehors. Ce dernier cas est le plus fréquent. 1 mètre cube de remblai coûte alors $1^{fr.},40$. On travaille sur les remblais quand on passe d'un étage à l'étage supérieur.

Galerie d'écoulement.

On a creusé une galerie d'écoulement de 1.300 mètres de long, qui occupe le niveau le plus bas des travaux actuels. Cette galerie, appelée *Tiefer Emmanuel*, marche à peu près dans la direction du filon de serpentine. Elle est creusée au toit de ce filon sur une largeur et une hauteur de 2 mètres

environ. Elle est muraillée presque partout parce qu'elle doit être conservée jusqu'à ce que tout le minerai situé au dessus d'elle soit enlevé. On la creuse d'abord sur une largeur de 4 mètres et une hauteur de 3. On fait l'excavation d'un seul coup, la roche encaissante étant assez solide, on ne craint pas les éboulements. L'épaisseur de la maçonnerie est de 1 mètre. Autour d'elle on laisse intact un anneau plein de 2 mètres. Toutes ces précautions sont exigées par le mode d'exploitation adopté. L'eau qui suinte à travers les jointes des pierres entraîne le carbonate de chaux du ciment et forme une infinité de stalactites de 0^m,005 de diamètre et de 0^m,15 à 0^m,20 de long. A 16° 3″ (32 mètres) au dessus du Tiefer Emmanuel est l'*Oberer Stolle*. Tout a été enlevé au-dessus de cette dernière galerie. Aujourd'hui on exploite la partie comprise entre le Tiefer Emmanuel, l'Oberer Stolle et les puits inclinés qui relient les deux galeries. Il y a deux séries d'ouvriers qui vont à la rencontre l'une de l'autre. Le front de taille n'est que de 2 mètres. Ainsi l'exploitation de chaque étage se fait par tailles de 2 mètres de haut et 2 mètres de large. On produit par là une suite de galeries parallèles qui sont remblayées successivement. On travaille à la poudre. On se sert d'aiguillettes en cuivre que l'on place sur le côté du trou. Le bourroir porte une entaille latérale dans laquelle s'engage l'aiguillette. Travail à la poudre.

Le minerai est amené au bas du puits d'extraction à l'aide de brouettes à quatre roues, roulant sur des planches. Les deux roues de devant ont 0^m,10 de diamètre, les deux autres placées au milieu de la longueur de la brouette ont 0^{m}15 de diamètre. Les brouettes ont 0^m,40 de large et 0^m,80 Roulage.

de long. Le minerai est jeté, par les puits inclinés, dans le Tiefer Emmanuel qui l'amène au puits d'extraction. Il est élevé au jour, dans des paniers, à l'aide d'un treuil à bras.

Puits d'extraction.

Le puits d'extraction a 4 mètres de long, 1 mètre de large et 72 mètres de profondeur. Sur un des côtés, on a isolé un compartiment pour la descente des ouvriers. Ce puits est boisé dans presque toute son étendue avec des cadres en bois rond de 0m,20 de diamètre. Les deux grands côtés des cadres sont engagés dans le gneiss. Les deux petits côtés reposent sur les grands. Ils sont entaillés à mi-bois. Ces cadres sont espacés de 0m,50 à 1m,50, suivant la résistance du terrain; le garnissage est fait avec des rondins placés derrière les cadres.

Nombre d'ouvriers.

Le nombre des ouvriers occupés dans la mine est de douze seulement; quatre d'entre eux sont occupés à l'abattage des gradins, les huit autres font des travaux de recherches dans les parties du filon placées plus avant dans la montagne. On y a déjà trouvé des gîtes fort riches en fer arsenical que l'on réserve pour l'avenir, dans le cas où la masse exploitée maintenant deviendrait stérile. On continue aussi de creuser le Tiefer Emmanuel dans le filon de serpentine qui n'est pas encore reconnu sur toute sa longueur. Au jour, il y a huit ouvriers cassant le minerai avec un marteau à main et faisant un nouveau triage. Les parties les plus pauvres sont rejetées, les autres sont divisées en trois lots d'après leur richesse et portées au bocard à eau.

Triage au jour.

Les ouvriers travaillent nuit et jour; la durée du poste est de douze heures.

Paie des ouvriers.

Leur paie varie avec le travail dont ils sont chargés. Elle est de 5, 7 et 10 silbergroschen, c'est-

à-dire $0^{fr.},625$, $0^{fr.},875$ et $1^{fr.},25$. Ce sont les mineurs qui reçoivent cette dernière somme.

L'aérage est très-bon dans l'intérieur de la mine, il ne se dégage aucunes moffettes. Le renouvellement de l'air se fait sans difficulté par la galerie d'écoulement, le puits d'extraction aujourd'hui en activité, et un deuxième puits servant jadis à l'extraction mais abandonné maintenant. Les diverses galeries contenues dans la mine à différents étages, sont reliées entre elles par des puits qui donnent passage à l'air. **Aérage.**

Le minerai séparé de sa gangue à l'orifice du puits d'extraction coûte $1^{fr.},92$ le quintal métrique. **Valeur du quintal métrique de minerai.**

On exploite annuellement 512.000 mètres cubes de minerai.

Il y a deux ateliers de bocardage et de lavage situés au-dessous de la ville de Reichenstein. Ils sont alimentés par les eaux de deux petits étangs. En hiver, ils ne peuvent marcher à cause de la glace. Le voisinage du Riesengebirge rend les hivers très-rigoureux dans le pays. La marche des bocards est souvent interrompue en été par suite du manque d'eau. **Préparation mécanique, bocardage, lavage.**

Nous allons décrire l'un des ateliers construits en 1838.

Le bocard se compose de trois batteries de trois pilons à sabots de fonte. **Bocard.**

L'eau arrive par un canal vertical à l'une des extrémités de l'auge de chacune des batteries, et sort par l'autre extrémité, entraînant avec elle le minerai réduit en poudre. Le minerai, préalablement cassé à l'orifice du puits d'extraction en morceaux de la grosseur de $0^{m},005$ de côté, est chargé dans une caisse inclinée vers l'auge et tournant autour d'un axe horizontal. L'extrémité de la came du pilon le

plus rapproché de la caisse, imprime à celle-ci, à chaque tour, par l'intermédiaire de leviers articulés, une secousse qui fait tomber peu à peu le minerai dans l'auge. Les eaux sortant des trois auges se rendent par un canal sur une grille qui arrête les gros morceaux et à laquelle on imprime des secousses par un levier horizontal au moyen d'une came portée par l'arbre même du bocard. Les eaux boueuses qui traversent la grille sont reçues dans une série de plusieurs canaux à pente douce, où les matières en suspension se déposent par ordre de grosseur et de densité.

Labyrinthe.

Dans le premier canal placé auprès de la grille, on trouve deux espèces de schlichs.

Schlich gros. Le *schlich gros* α qui se dépose sous la grille, à la tête du canal.

Schlich fin. Le *schlich fin* α' qui se dépose à l'extrémité opposée. Ce canal a :

1m,00 de long,
0m,30 de large,
0m,30 de profondeur.

Un canal amène dans les trois bassins suivants les eaux chargées des particules plus fines. Ces bassins ont chacun :

1m,70 de long,
0m,30 de large,
0m,40 de profondeur.

Poch-schlamm. On appelle *poch-schlamm* (boues de bocard) les matières qui s'y déposent.

Sumpf n° 1. Les eaux passent ensuite dans un canal où se dépose le *sumpf* n° 1, et qui a :

14m,00 de long,
0m,30 de large,
0m,40 de profondeur.

Enfin, les eaux passent successivement dans un sixième canal, où se dépose le *sumpf* n° 2; dans les septième et huitième canaux et dans un premier bassin de dépôt, où se déposent le *sumpf* n° 3; puis dans un dernier bassin de dépôt, qui donne le *sumpf* n° 4; au sortir de ce dernier bassin, elles retournent à la rivière.

Sumpf n° 2.

Sumpf n° 3.

Sumpf n° 4.

Les sixième, septième et huitième canaux ont

8m,00 de long,
0m,30 de large,
0m,40 de profondeur.

Les deux basssins de dépôt ont :

2m,00 de long,
1m,50 de large,
1m,20 de profondeur.

Lavage du schlich gros α.

Le schlich gros α est lavé sur une table à secousses qui a

1m,50 de long,
0m,81 de large.

Cette table est suspendue par des chaînes à quatre poteaux verticaux placés aux angles. On peut faire varier à volonté son inclinaison, en fixant les deux chaînes de la tête entre des dents différentes des poignées. On imprime les secousses à l'aide d'un levier coudé dont l'extrémité inférieure pousse contre la tête de la table, à des intervalles de temps égaux, une tige maintenue horizontale entre des prisons. On produit ainsi des vibrations qui mettent en mouvement les matières chargées et facilitent leur séparation d'après l'ordre de pesanteur spécifique. L'ouvrier met avec une pelle une certaine quantité de schlich neuf à la tête de la table, sur laquelle tombe un peu

d'eau qui s'écoule en nappe le long d'une planche. Il ajoute de nouvelles pelletées de schlich pendant trois quarts d'heure, et avec un râteau en bois, il ramène souvent les matières vers la tête de la table. Une heure et demie après le commencement de l'opération, il augmente la proportion d'eau pour faciliter le lavage. Mais comme une grande quantité de schlich fin serait alors entraînée, il reçoit les matières qui s'échappent dans un second canal placé sous la table, derrière le canal des eaux perdues dans lequel elles tombaient d'abord. Les eaux tombent de la table à laver sur une deuxième table inférieure dont une planche correspond au second canal. On enlève cette planche et on fixe en avant un panneau dans des coulisses situées sur les rebords de la table inférieure. Le schlich qui se dépose dans le second bassin est mis de côté et lavé à part quand on en a suffisamment.

Au bout de trois heures, le lavage est terminé. On arrête la table et on fait tomber le schlich dans un bassin latéral, au moyen d'une trémie. On en obtient à peu près 1/4 de mètre cube.

La poussée de la table est de $0^m,10$ environ.

Lavage du schlich fin α'. Le *schlich fin α'* est lavé sur la même table et de la même manière que le schlich gros, seulement on ne recueille pas les matières qui s'échappent vers la fin du lavage.

Il ne subit qu'un seul lavage.

Lavage du poch-schlamm. Le *poch-schlamm* et les *sumpf* sont lavés sur une table à secousses, beaucoup plus grande que celle des schlichs. Cette table a $1^m,30$ de large et $3^m,80$ de long. Le poch-schlamm est jeté à la pelle dans une caisse fixe, au milieu de laquelle

arrive un filet d'eau. Les boues entraînées par l'eau arrivent sur le plan incliné qui forme la tête de la table, y sont divisées en une série de filets parallèles par de petits prismes en bois et tombent en nappes sur la table de lavage, en passant à travers une rainure. On ne donne jamais que très-peu d'eau. Le lavage se fait pour ainsi dire tout seul. Un enfant est chargé de le surveiller. Il égalise avec une planchette de bois la surface du dépôt, quand elle présente quelques aspérités, et change l'inclinaison de la table quand le maître laveur le juge nécessaire; pour faciliter cette dernière opération, les deux chaînes antérieures de la table s'enroulent sur un tour horizontal que l'on fait mouvoir au moyen d'un levier vertical dont on limite à volonté la course au moyen d'une cheville. A la fin du lavage on augmente un peu la quantité d'eau.

La durée d'une opération est de 36 heures.

On divise en trois parties le résidu du lavage. **Ober stich.**
Celle qui est à la tête sur une largeur de 0^m,60 est nommée *ober stich*, c'est la plus pure. On la met à part.

Celle qui est au milieu, sur une largeur de 1^m,30, **Aftern.**
est nommée *aftern*. Elle est moins pure que l'*ober stich*. On la met aussi de côté.

La troisième partie est rejetée.

L'*ober stich* est lavé une deuxième fois et donne alors du *schlich* pur. Comme vers la fin du lavage on augmente la quantité d'eau, cette eau entraîne un peu d'*aftern* qu'on recueille dans un bassin particulier et qu'on lave avec l'*aftern* de la même catégorie.

L'*aftern* est lavé avec le poch-schlamm dont il dérive.

Lavage des sumpfs.

Les quatre *sumpfs* sont lavés chacun séparément sur la même table de lavage que le poch-schlamm. On diminue la poussée avec le degré de finesse; à cet effet on termine le bras de levier, que vient pousser la came motrice, par une partie en coulisse, ce qui permet de faire varier à volonté l'étendue du contact de ces deux pièces. Cette poussée varie à peu près dans les rapports 5 : 4 : 2 : 1. Elle est de 10 pour le *poch-schlamm*. Chaque *sumpf* donne de l'*ober stich* et de l'*aftern*.

L'*ober stich* est toujours relavé à part ou avec l'*ober stich* de la même espèce.

L'*aftern* est relavé avec le *sumpf* dont il provient.

Comme ces matières boueuses ne pourraient s'écouler d'elles-mêmes, de la caisse dans laquelle on les charge, à cause de leur grande viscosité, elles sont chassées par un râteau auquel l'arbre moteur imprime des secousses au moyen d'un système de leviers.

Nombre d'ouvriers.

Quand il y a assez d'eau pour faire marcher les bocards et les tables de lavage, quatre ouvriers sont nécessaires. L'un surveille les bocards, le second et le troisième surveillent les tables, le quatrième enlève les dépôts qui se sont formés dans les bassins.

On ne doit pas bocarder trop fin, parce que la matière s'agglomérerait au fourneau de grillage; ni trop gros, parce que le grillage serait imparfait. L'expérience seule peut apprendre à quel degré de finesse on doit s'arrêter.

Nous avons dit plus haut qu'on formait trois lots avec le minerai trié au sortir de la mine. Ce sont :

1° Le stufferz rendant 45 p. 0/0 d'acide arsénieux.
2° Le pocherz 20 p. 0/0
3° Le grubenklein 24 p. 0/0

Chacune de ces espèces est bocardée et lavée à part de la manière que nous venons de décrire. Les schlichs qui en résultent sont mélangés ensemble de manière à posséder une richesse moyenne de 30 p. 0/0 d'acide arsénieux. Ce mélange coûte 0fr.,50 de lavage par quintal métrique. Richesse moyenne du schlich lavé.

La pyrite arsenicale de Reichenstein se compose, d'après Karsten, de Composition de la pyrite arsenicale de Reichenstein.

32,35 de fer.
65,88 d'arsenic.
4,77 de soufre.

Si on la chauffe en vase clos, à une très-forte chaleur, presque tout l'arsenic distille à l'état métallique. Aussi la pyrite arsénicale est propre non-seulement à la fabrication de l'acide arsénieux, par le grillage au contact de l'air, mais encore à la fabrication de l'arsenic métallique. S'il y avait un mélange d'arséniure de nickel et de cobalt, on pourrait retirer l'arsenic aussi complétement par la distillation que par le grillage ; mais on donne la préférence au grillage, parce qu'il exige moins de combustible, et que l'acide arsénieux est un objet plus recherché dans le commerce que l'arsenic métallique.

L'acide arsénieux sert à la préparation de quelques couleurs et surtout des verts de Scheele, de Usages de l'acide arsénieux.

Schweinfurth, etc. ; on l'emploie encore dans les teintureries, les cotonneries ; dans la fabrication du verre, il sert à transformer en peroxyde le protoxyde de fer qui colore les verres en vert ; on s'en sert depuis peu pour préserver le bois des vaisseaux.

Il me reste à parler encore de la fabrication de l'acide arsénieux et des divers composés arsenicaux qu'on prépare à Reichenstein. Ce qu'on va lire a été tiré pour la plus grande partie de l'ouvrage allemand, publié par Karsten, sur la métallurgie. L'article relatif à l'arsenic a été rédigé d'après les documents fournis par le directeur actuel de l'usine de Reichenstein. Je me suis assuré par moi-même que rien n'avait été changé dans cette usine depuis la publication de l'ouvrage de Karsten. Aussi, j'ai pensé qu'il était convenable de reproduire l'excellente description qu'on doit au directeur même de l'usine que je visitais.

Acide arsénieux. Son extraction.

L'acide arsénieux est un produit secondaire que l'on obtient dans plusieurs traitements métallurgiques. En effet, l'arsenic est un principe constituant de tous les minerais de cobalt. On le retrouve dans un grand nombre de minerais d'étain, de cuivre, d'argent. Tous ces différents minerais doivent être préalablement soumis à un grillage qui chasse les substances volatiles. On volatilise ainsi l'arsenic à l'état d'acide arsénieux que l'on condense dans des chambres destinées à cet effet. Dans le grillage, la flamme lèche la surface du minerai, aussi l'acide arsénieux recueilli est-il loin d'être pur. Il est sali par les cendres, le noir de fumée et les particules charbonneuses entraînées par le courant d'air.

Quand l'extraction de l'arsenic est l'objet spécial d'un traitement métallurgique, comme à Reichenstein, la disposition du fourneau n'est plus la même. La flamme, au lieu de passer par dessus la sole, passe par dessous, et s'échappe par une cheminée spéciale après avoir échauffé la sole et les parois du fourneau. Le fourneau a la forme d'une grosse mouffle ayant au fond une ouverture de sorties pour les vapeurs d'acide arsénieux qui se développent.

Le plan, les coupes et les élévations du fourneau de grillage de Reichenstein sont donnés dans la *Planche I*. **Description du fourneau de Reichenstein.**

La *fig.* 3 est un plan ou coupe horizontale suivant GH (*fig.* 2), faite au-dessus du niveau des canaux *c*, par lesquels la flamme passe sous la sole.

La *fig.* 6 est une coupe verticale faite suivant AB du plan (*fig.* 3), dans le sens de la longueur du fourneau.

La *fig.* 1 est une coupe verticale faite suivant la ligne CD du plan (*fig.* 3). Cette coupe est transversale à la précédente.

La *fig.* 3 est une coupe verticale parallèle à la précédente et faite suivant la ligne FE du plan horizontal (*fig.* 3).

La *fig.* 4 est une élévation du fourneau dans le sens de sa longueur.

La *fig.* 5 est une élévation du fourneau du côté de l'ouverture de travail.

Passons maintenant à la description des différentes parties qui constituent le fourneau :

a, *fig.* 6, est une ouverture pratiquée à la voûte du fourneau : elle sert à introduire la charge. Le

schlich neuf est accumulé sur la voûte du fourneau, au-dessus de l'ouverture *a* que l'on maintient fermée dans le cours d'un grillage. Il se sèche ainsi partiellement.

b, *fig.* 1, 2, 4 et 6, est une ouverture située sur le derrière du fourneau, vis-à-vis la porte de travail. Elle sert au dégagement des vapeurs arsenicales qui passent dans les chambres de condensation ou le *giftfang*. Elle peut être fermée par une plaque de fonte b_1, *fig.* 1, 2, 4 et 6, mobile dans une rainure pratiquée dans la voûte du fourneau. Elle est fermée quand on fait tomber la charge et quand on l'étend uniformément sur la sole. On empêche ainsi les poussières de schlich d'être entraînées par le courant d'air jusque dans le giftfang. Cette plaque a encore un autre usage. On a construit à Reichenstein deux fourneaux semblables qui ont les mêmes chambres de condensation. L'un d'eux seulement est en feu. L'ouverture *b* est alors fermée dans l'autre. De cette manière on peut marcher sans interruption.

c, *fig.* 2, 3 et 6 sont des canaux qui permettent aux flammes sortant de la grille de passer sous la sole. Ils débouchent tous sur le derrière du fourneau dans un canal c_1, celui-ci se bifurque à ses deux extrémités en deux autres canaux c_2, *fig.* 3, qui sont parallèles aux canaux *c*, ramènent ainsi la flamme sur les deux côtés de la sole, puis se relèvent et se réunissent au sommet du croissant *h*, *fig.* 1, 3 et 4, pour rejeter dans l'air la flamme et la fumée.

Les canaux *c* se prolongent en *m* et *n*, *fig.* 3, 5 et 6, jusque sur la porte de travail du fourneau, seulement leur hauteur est moins grande. Les ou-

vertures *n* sont toujours fermées par une maçonnerie qu'on enlève lorsqu'on veut débarrasser les canaux des cendres qu'ils renferment. Le toit de ces canaux sert de base à la sole du fourneau.

d, *fig.* 1, 3 et 6, grille qui occupe toute la largeur de la sole, elle est placée auprès de la porte de travail.

La voûte de la chauffe est en communication directe avec les canaux *c* par les trous *o*.

e, *fig.* 6, est une fente verticale située tout près de la porte de travail et parallèlement à cette porte. Elle sert pour retirer le schlich grillé. Elle conduit à une voûte placée sous le fourneau. Le schlich y tombe dans l'eau et s'y éteint. La fente est toujours fermée par la plaque de fonte *f* qu'on retire lorsque le schlich grillé doit être enlevé.

g, *fig.* 4, 5 et 6, est une hotte élevée au-devant de la porte de travail ; elle conduit en plein air les vapeurs qui se dégagent de la sole et de la voûte placée sous le fourneau, quand la plaque *f* est tirée. Elle préserve *en partie* les ouvriers de l'action nuisible des vapeurs arsenicales. Mais bien que le tirage soit assez actif, il y a toujours de l'acide arsénieux en vapeur dans l'atelier.

i, *fig.* 5 et 6, est un rouleau en fer qui sert d'appui au râteau en fer avec lequel on remue le schlich à griller. Ce râteau est muni d'un long manche sur lequel se condense une certaine quantité d'acide arsénieux, quand on l'introduit dans le fourneau. Cet acide se répand en fumée dans l'atelier quand on enlève le râteau.

k, est la sole de grillage qui s'étend depuis la porte de travail jusqu'à la face opposée *b*. Elle s'élève un peu de l'avant à l'arrière. Elle est formée

de deux étages de briques d'argile réfractaire épaisses de $0^m,05$ chacune. Les briques de l'étage inférieur reposent immédiatement sur la maçonnerie égalisée de la chauffe et des canaux de flamme. Elles sont munies de coulisses qui permettent de les réunir les unes contre les autres d'une manière très-exacte. Les briques de l'étage supérieur n'ont pas de coulisses ; elles doivent se toucher autant que possible. Leurs joints sont enduits soigneusement d'argile réfractaire. La sole de grillage offre par là une surface parfaitement unie.

La porte de travail occupe toute la largeur antérieure du fourneau. L'air a ainsi un libre accès. La disposition même du fourneau en facilite l'entrée. Le flux de chaleur qui s'échappe par *m*, raréfie l'air et fait un appel à l'air froid qui passe sur la sole de grillage. Les canaux *m* sont fermés constamment pendant le grillage ; sans cela, il viendrait des cendres dans le fourneau. On ne les ouvre que pour le nettoyage des canaux *c*. La porte de travail peut être fermée plus ou moins par une plaque de tôle mobile autour de son arête supérieure. Elle sert à régler l'introduction de l'air.

Avantages du fourneau de Reichenstein.

La disposition du fourneau que nous venons de décrire offre de grands avantages. On recueille dans les chambres de condensation de l'acide arsénieux très-pur, nullement souillé par des cendres, du noir de fumée, des particules de charbon. Ceci est un point capital, puisque dans le commerce il importe d'avoir de l'arsenic blanc d'une grande pureté. Le grillage du fer arsenical se fait de la manière la plus convenable, les ouvertures d'entrée et de sortie de l'air atmosphérique étant opposées l'une à l'autre.

La consommation en combustible est sans doute

un peu plus grande que dans les fourneaux où le minerai est en contact direct avec la flamme, mais du moins on n'a pas à craindre le ramollissement du schlich, ce qui facilite beaucoup la conduite du grillage.

Conduite du grillage.

Quand une opération est terminée, l'ouvrier ferme l'ouverture du giftfang *b* en abaissant la plaque b_1, puis il ouvre la fente *e* en tirant la plaque *f* et fait tomber avec son râteau le schlich grillé dans la voûte qui est au-dessous du fourneau, il referme ensuite la fente *e*, ouvre l'ouverture *a* qui est à la voûte du fourneau et fait tomber sur la sole le schlich à griller, dont le poids est de 8 centner, il referme l'ouverture *a* et répand uniformément sur la sole le schlich qui occupe alors une hauteur de $0^m,04$ à $0^m,05$; il ouvre alors l'ouverture du giftfang; il donne immédiatement un bon coup de feu pour porter rapidement le schlich à la température rouge; puis il continue le grillage à une faible chaleur; à la fin il donne de nouveau un bon coup de feu pour volatiliser le plus possible d'arsenic. Au commencement de l'opération il se dégage de la vapeur d'eau, parce que le schlich n'avait pas été bien desséché sur la voûte du fourneau. Au bout d'une heure le minerai est devenu rouge, et les vapeurs arsenicales apparaissent. Le grillage du fer arsenical se fait avec une flamme courte et brillante qui sert de guide à l'ouvrier. Tout le travail consiste à renouveler de temps en temps les surfaces. L'opération est terminée quand il n'y a plus de flamme. Elle dure 12 heures.

Charge.

Combustible.

On emploie comme combustible de la houille grasse de Neurode que l'on charge des deux côtés de la grille.

1 en poids de schlich exige 0,07 de houille et donne 0,4 de *mehl* ou acide arsénieux en fleurs.

Résidu.

Le résidu consiste en un oxyde de fer magnétique retenant encore 3 à 5 p. o/o d'arsenic. Il est un peu aurifère. Jadis on en extrayait l'or qu'il renferme, mais aujourd'hui on l'abandonne. La teneur en arsenic empêche qu'on ne l'emploie comme minerai de fer.

Durée de la campagne.

La durée de la campagne du fourneau varie de six à huit mois. Au bout de ce temps la sole est disjointe, ce qui force à mettre hors feu.

Chambres de condensation.

L'acide arsénieux se condense dans une série de chambres spacieuses qui sont partie à côté, partie au-dessus les unes des autres et disposées de telle sorte que les vapeurs passent successivement à travers leurs compartiments. Les vapeurs qui ne se condensent pas se dégagent dans l'atmosphère par une ouverture pratiquée au toit de la dernière chambre.

Il y a à Reichenstein trois étages superposées contenant chacun deux chambres qui ont 4 mètres de long, 3 mètres de large et 2^{m},50 de haut. Ces dimensions sont suffisantes pour avoir une condensation à peu près complète. Cependant on perd une certaine quantité d'acide arsénieux. L'usine se reconnaît de loin, à la couche blanche de cet acide qui recouvre le toit, auprès de la cheminée de fuite des vapeurs non condensées.

A la fin de chaque mois, on arrête le feu pour enlever l'acide qui s'est condensé dans les chambres.

L'emploi de chambres spacieuses est plus convenable, pour le but qu'on se propose, que les canaux étroits de plus de 100 mètres de long qu'on

employait jadis, bien qu'on évite de donner à ces canaux une direction rectiligne pour affaiblir la rapidité de la marche des vapeurs, la condensation est toujours très-imparfaite. Des chambres spacieuses diminuent bien mieux la rapidité du courant, puisque les gaz doivent se dilater pour en occuper tout le volume. Il résulte de cette dilatation un abaissement de température qui facilite la condensation des vapeurs. Un autre avantage précieux consiste dans la facilité qu'ont les ouvriers pour enlever l'acide arsénieux dans les grandes chambres.

Personnel.

Il n'y a qu'un ouvrier au fourneau de grillage. Le grillage revient à 0fr.,68 pour 1 quintal métrique d'acide arsénieux obtenu.

Qualité des produits.

L'acide arsénieux qu'on obtient est de deux qualités différentes. Celui qui se condense dans la dernière chambre est le plus pur. On le livre immédiatement au commerce sans aucune autre préparation comme verre d'arsenic moulu. Du reste, on n'en fait annuellement qu'une très-petite quantité. La production, en 1840, a été de 15 quintaux métriques.

Raffinage de l'acide arsénieux.

L'acide arsénieux ou *mehl* condensé dans les autres chambres est moins pur, il a besoin de subir deux raffinages ou sublimations avant d'être livré au commerce. Parfois, il est sali par un peu de poussière de schlich arsenical, qui est entraînée lorsque l'ouvrier renouvelle les surfaces avec son râteau. Le but du raffinage est surtout la vitrification du mehl.

Le raffinage de l'arsenic blanc se fait dans des chaudières en fonte surmontées de cylindres en fonte dans lesquels se dépose le verre d'arsenic.

Description de l'appareil du raffinage.

Les *fig.* 7, 8, 9 et 10, *Pl. I*, indiquent les dispositions de l'appareil adopté.

Fig. 7. Coupe verticale de l'appareil.

Fig. 8. Élévation antérieure.

Fig. 9. Plan au niveau du sol.

Fig. 10. Plan au niveau de la grille.

Chaque chaudière *a*, en fonte, est surmontée de trois cylindres *b*, en fonte, placés les uns au-dessus des autres. Le cylindre supérieur est coiffé d'un dôme en fonte *c*, pourvu en son point culminant d'une ouverture par laquelle les vapeurs non condensées se rendent dans des chambres de condensation *e*, *j* et *g*, en passant par les tubes *d* et *f*. Les vapeurs qui se condensent à l'état de *mehl* ou *farine* dans les tubes *d* et *f* et dans les chambres sont retirées de temps en temps et sublimées de nouveau avec le mehl qui a été déjà raffiné une fois. Chaque chaudière de raffinage repose sur un cadre de fonte par une couronne qui est à sa partie supérieure. Elle est ainsi suspendue librement au-dessus de la grille *h* sous laquelle se trouve le cendrier, dont la porte sert à régler le courant d'air. La flamme après avoir échauffé la chaudière, passe au travers du rampant *k* dans une hotte spéciale, et de là dans l'atmosphère. La hotte est commune à plusieurs chaudières.

Les chaudières ont 27″ 3/4 de profondeur et 19″ de diamètre. On les remplit de mehl (La charge est de 4 1/2 centner pour chacune). On les surmonte des cylindres et du chapeau. On lute les joints avec de l'argile et on commence le feu. Le verre d'arsenic se dépose en écorce annulaire sur les parois des cylindres. La couche qu'il forme est moins épaisse dans le cylindre inférieur que dans les autres, parce que la chaleur y est plus grande.

La détermination du degré de chaleur nécessaire est d'une grande importance. Il faut bien connaître l'allure du fourneau. Si l'on donne une chaleur trop forte, une grande quantité de vapeurs se rend dans les chambres de condensation et l'on n'obtient que peu de verre. Si la chaleur est trop faible, le verre n'est ni transparent ni translucide, parce qu'il n'est pas convenablement fondu.

La hauteur totale des cylindres sur lesquels se dépose le verre d'arsenic et le diamètre du tube de dégagement pour les vapeurs non condensées doivent encore être dans un certain rapport avec le diamètre de la caisse. En effet, la vitrification de l'acide arsénieux résulte de la pression mécanique qu'il éprouve et de la chaleur qu'il conserve lors de sa condensation. Par conséquent, si l'ouverture des tubes était trop grande par rapport à la section transversale de la chaudière, la pression mécanique ne serait plus suffisante pour vitrifier l'arsenic condensé. De même la hauteur des cylindres doit être comprise entre certaines limites; si elle est trop grande, l'acide condensé sur les parois sera trop refroidi pour qu'il puisse se liquéfier; si elle est trop petite, l'acide ne pourra se condenser sur les parois des cylindres à cause de leur température élevée.

Après 10 ou 12 heures de feu, le raffinage est fini et l'on enlève le feu qui reste sur la grille. Durée du raffinage.

Pour reconnaître si le contenu de la chaudière est complétement sublimé, on se sert d'une aiguille d'épreuve. Cette aiguille est une longue tige en fer que l'on enfonce jusqu'au fond de la chaudière, par l'ouverture *m* percée dans le tube *d*; si toute la farine Aiguille d'épreuve.

d'arsenic n'est pas encore sublimée, il s'en attache à l'aiguille une partie qui indique la hauteur de farine restant dans la chaudière. L'ouverture *m* est munie d'une plaque qui n'est retirée qu'au moment de l'épreuve.

On raffine tant que le fourneau de grillage marche. On travaille le jour seulement. La nuit, les cylindres se refroidissent et on les décharge le lendemain.

Aspect de la croûte solidifiée contre les parois des cylindres.

La croûte qui se dépose contre les parois des cylindres n'est pas homogène dans toute son épaisseur. La partie qui est en contact immédiat avec les parois est formée d'aiguilles blanches, normales, à la surface des cylindres. Ces aiguilles se lient par leurs extrémités à une masse jaune, demi-transparente, recouverte de cristaux octaèdres bien déterminés d'acide arsénieux blanc. Ces trois états s'expliquent par la différence de température au commencement, au milieu et à la fin de l'opération. Au commencement, les cylindres n'ont pas encore une chaleur suffisante pour que l'acide arsénieux qui s'y condense puisse se fondre en vertu de la pression mécanique qu'il éprouve. C'est alors que se forment des aiguilles cristallines.

Les cylindres s'échauffant peu à peu par le dépôt d'acide arsénieux, celui-ci bientôt peut se fondre en masse vitreuse jaune. La différence de couleur est due sans doute à un changement dans l'état moléculaire, résultant peut-être d'une absorption plus ou moins grande de chaleur à l'état latent.

Enfin, quand l'opération est terminée, la température et la pression diminuent dans l'intérieur

des cylindres et l'acide arsénieux qui reste encore en vapeur, se trouve dans les circonstances les plus favorables pour cristalliser. Après le refroidissement, les cylindres sont séparés les uns des autres, et le verre qui adhère à leur surface est brisé avec un ringard en fer. La poudre que l'on forme ainsi et le verre dont elle résulte sont raffinés ensemble une deuxième fois. Le deuxième raffinage est conduit identiquement de la même manière que le premier et se fait dans les mêmes chaudières. Il donne généralement un verre jaune bien transparent. On sépare les parties peu transparentes pour les soumettre à une nouvelle sublimation.

Rendement.

10 quintaux métriques de mehl rendent 9,45 d'arsenic vitreux brut (*roh glass*), raffiné une fois seulement, et 9,20 d'arsenic vitreux pur, raffiné deux fois.

On comprend dans ce dernier nombre l'arsenic vitreux résultant du mehl qu'on trouve dans les tubes et dans les chambres de condensation.

100 centner (1) de mehl exigent 27 tonnes de houille pour être transformés en arsenic vitreux pur.

1 quintal métrique d'arsenic vitreux pur coûte pour son raffinage 0fr.,98.

Durée des chaudières de raffinage.

Les chaudières de raffinage ne durent que 16 à 20 jours. La fonte est rapidement attaquée par l'acide arsénieux. Le fond des chaudières se scorifie, se boursoufle et se perce. On vend les rebuts aux fabriques de sulfate de fer.

Les cylindres en fonte n'éprouvent pas de la part de l'acide arsénieux une action aussi destructive, parce qu'ils sont soumis à une température

---

(1) Le centner vaut 110 livres ou 51 kil. environ.

moins élevée que les chaudières. Ils durent cinq ou six ans.

Personnel.

Deux ouvriers suffisent pour conduire trois à sept chaudières. Le nombre des chaudières en feu dépend des besoins du commerce.

Transformation du verre pur en émail blanc.

Le verre d'arsenic pur, récemment préparé, est transparent, d'un jaune clair, à cassure vitreuse et conchoïde. Son poids spécifique est 3,71. Par un long séjour à l'air, ce verre prend l'aspect d'un émail blanc, opaque. La transformation marche de la surface au centre. Elle ne résulte d'aucun changement chimique. Il n'y a nullement absorption d'eau atmosphérique comme on le croyait d'abord. Le poids est resté le même. La transformation du verre en émail est continuelle, ainsi, dans un même morceau, le centre est encore à l'état du verre bien transparent et la surface est déjà convertie en émail. La cause de ce fait semble être identique à celle qui produit le jeu de lumière de l'opale. En effet, le verre renferme des fissures très-fines que l'œil ne peut reconnaître, mais dont l'oreille constate l'existence. On entend un bruissement continu dans les lieux où l'on renferme des quantités considérables de verre d'arsenic. Souvent même on voit petiller des morceaux qui reposent simplement à terre depuis plusieurs années. Il se pourrait donc que la différence d'aspect du verre d'arsenic, après un laps de temps assez considérable, fût dû à la présence de l'air.

Préparation de l'orpiment ou verre jaune d'arsenic.

On prépare le verre jaune d'arsenic en sublimant ensemble un mélange de soufre et de mehl non raffiné. On opère dans les chaudières qui servent à la purification du mehl. On doit vider d'a-

bord les chambres de condensation qui leur correspondent, parce que les vapeurs qui ne se vitrifient pas dans la préparation du verre jaune entraînent du soufre avec elles. La charge contient 2,5 de soufre pour 1,00 de mehl non raffiné. Sous l'action de la chaleur, une partie de l'acide arsénieux est réduit par le soufre à l'état d'arsenic métallique. Il y a formation d'acide sulfureux qui se dégage et de sulfure d'arsenic qui se condense sur les parois des cylindres avec l'acide arsénieux non décomposé. On obtient ainsi un verre jaune qu'on raffine seul pour lui donner plus d'homogénéité, et qui ne contient pas plus de 1,5 à 2 p. o/o de soufre.

La consommation en houille est la même que pour obtenir de l'arsenic vitreux pur avec le mehl non raffiné. *Consommation en houille.*

Le verre jaune d'arsenic sert dans les ateliers de teinture beaucoup plus que les sulfures proprement dits. On ne pourrait pas l'obtenir bien homogène si l'on fondait ensemble un mélange d'acide arsénieux et de sulfure d'arsenic, parce que ces deux corps se volatilisent à la température nécessaire pour leur fusion et leur mélange exact à l'état liquide. *Usages du verre jaune.*

Nous allons donner la préparation du sulfure d'arsenic rouge, telle qu'elle était exécutée jadis à Reichenstein. On y a renoncé depuis quelques années parce qu'on ne trouvait plus de débouchés. On pourrait préparer le sulfure rouge en fondant ensemble un mélange convenable de soufre et d'arsenic. Mais ces deux corps résistant moins au feu quand ils sont seuls que quand ils sont combinés l'un à l'autre, le procédé indiqué amènerait une *Préparation de l'arsenic sulfuré rouge ou réalgar.*

trop grande perte. Il vaut mieux préparer d'abord un sulfure d'arsenic d'une composition indéterminée et le fondre ensuite avec autant de soufre ou d'arsenic qu'il en faut pour atteindre la composition voulue.

Le premier produit se fait dans les fours à distiller qui servent à l'extraction de l'arsenic métallique de la gangue, seulement on ajoute encore du soufre au schlich d'arsenic. Si le minerai renferme naturellement du soufre, ou s'il est mêlé de pyrite de fer il n'est pas nécessaire d'ajouter autant de soufre que si l'on doit se servir de pyrite arsenicale pure. On ne lute les récipients que lorsque les vapeurs de sulfure d'arsenic commencent à se dégager.

La distillation dure dix heures. Au bout de ce temps on laisse tomber le feu. Après le refroidissement on brise le lut, on enlève les récipients, et on retire le sulfure d'arsenic qui s'y était condensé.

Le sulfure d'arsenic obtenu est refondu dans une chaudière de fonte, à un feu très-modéré. On ajoute à la masse fondue autant d'arsenic, ou autant de soufre qu'il en faut pour atteindre le degré de couleur convenable. On fait des essais préalables pour déterminer la quantité de soufre ou d'arsenic à ajouter.

Si la masse fondue a la belle couleur rouge qu'on désire, on la débarrasse des impuretés qui sont à sa surface, et on la roule dans un moule complétement fermé, dans lequel le sulfure d'arsenic se solidifie rapidement. Lors de la fusion et du raffinage, la flamme doit environner la chaudière entière, et ne jamais toucher

l'ouverture supérieure, parce que la masse contenue s'enflammerait.

Un feu égal et très-faible est nécessaire pour la fabrication de l'arsenic rouge.

Voici quelle est la quantité de produits fabriquée à Reichenstein dans l'année 1840. Quantités des divers produits fabriqués dans l'année 1840.

Mehl ou acide arsénieux en fleur.	1.058 quint. mét.
Verre d'arsenic blanc.	386
Fleurs d'arsenic les plus pures, qu'on livre dans cet état au commerce.	15
Verre d'arsenic jaune.	202

Le centner des trois sortes de produits se vend 6 thaler 1/3; ce qui revient à 23 francs environ par quintal métrique. Prix du quintal métrique de chaque sorte de produit.

Les principaux débouchés sont : Vienne en Autriche, Trieste, Marseille, l'Angleterre et les États-Unis. Débouchés.

Les ouvriers sont revêtus d'habits en peau; ils mettent sur la tête un bonnet en peau qui descend par derrière jusqu'aux épaules, et par devant jusqu'aux sourcils; ils le maintiennent avec un mouchoir placé devant la figure, s'élevant jusqu'aux yeux. Ils ne peuvent mettre de lunettes quand ils vont retirer l'acide arsénieux des chambres de condensation, parce que les particules d'acide, qui s'attacheraient au verre, les empêcheraient de voir. Pendant le grillage, on leur donne à boire une certaine quantité d'huile. Malgré ces précautions, leur poitrine est violemment attaquée : leur figure, leurs mains et leurs parties génitales sont couvertes de pustules. Costume des ouvriers.

L'atmosphère empoisonnée dans laquelle vivent les ouvriers les tue généralement au bout de dix ans d'un travail continu.

RAPPORT

sur la lampe de sûreté du sieur DUBRULLE.

Par M. BLAVIER, Ingénieur en chef des mines.

En s'occupant des lampes de mines, le sieur Dubrulle, lampiste à Lille, n'avait eu d'abord en vue que d'arriver à éviter les dangers résultant pour les ouvriers mineurs de leur propre imprudence, qui les pousse trop souvent et pour des motifs divers à enfreindre la défense qui leur est faite d'ouvrir les lampes de sûreté dont ils sont munis dans toutes les mines où du grisou se manifeste. Ce résultat a été obtenu par M. Dubrulle d'une manière satisfaisante à l'aide d'un petit mécanisme assez simple, au moyen duquel un petit tube qui enveloppe la mèche s'élevant subitement lorsque l'ouvrier veut dévisser sa lampe éteint instantanément la lampe. Nouveau modèle de lampe de sûreté.

Une lampe présentant un mécanisme de ce genre a été exposée par le sieur Dubrulle à la dernière exposition des produits de l'industrie française.

Depuis l'époque à laquelle ce lampiste a exécuté cette utile addition aux lampes ordinaires de Davy, nous lui avons suggéré l'idée de rendre son appareil plus sûr et plus lumineux en introduisant au-dessus du réservoir un cylindre en verre ou en cristal épais, ainsi que déjà plusieurs praticiens en avaient eu la pensée.

Plusieurs modèles nous ont été, à diverses reprises, présentés par M. Dubrulle; il a, d'après nos conseils, successivement corrigé des défauts qui rendaient sa lampe inapplicable dans les mines à grisou, et introduit des perfectionnements de détails qui ont rendu son appareil commode et pratique. Le dernier modèle auquel il s'est arrêté et dont nous joignons ici le dessin nous paraît offrir des qualités qui, sans en faire un instrument parfait encore, le rendent fort digne d'être recommandé aux praticiens.

La description des figures qui composent le dessin dont nous accompagnons cette note fera bien suffisamment comprendre tout le système de la lampe, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans de plus grandes explications.

Nous nous bornerons à présenter les remarques suivantes sur sa construction et son emploi.

Le principe adopté dans la construction de la lampe Dubrulle est le même que celui qui a été appliqué dans la lampe de M. Dumesnil : alimentation par le bas, courant ascendant pour le dégagement des gaz comburés; emploi d'un cylindre de cristal ou de verre. Seulement il suffit de jeter un coup d'œil sur la lampe Dubrulle pour reconnaître que, si elle présente avec la lampe Dumesnil une communauté quant aux principes sur lesquels se fonde sa construction, elle en diffère entièrement quant à la mise en œuvre; et que l'ensemble de sa forme en ferait une lampe nouvelle, lors même que l'addition du mécanisme destiné à produire l'extinction instantanée au moment de son ouverture, que l'emploi d'une mèche plate dont la manœuvre est faite au moyen d'une vis sans fin avec une extrême facilité, bien supérieure à

celle adoptée dans les autres lampes de mines, et le petit mécanisme ingénieux substitué à l'informe mouchette adoptée dans les lampes ordinaires, ne donneraient pas à l'instrument tel qu'il est sorti des mains de M. Dubrulle un cachet réel de nouveauté.

Cette lampe paraît remplir la condition essentielle qui est imposée à cette nature d'appareils, c'est-à-dire qu'elle est de sûreté. Avant de l'expérimenter dans l'intérieur d'une mine, nous avons eu recours à l'obligeance de M. Evrard, professeur de chimie à Valenciennes, et l'avons soumise, dans le laboratoire municipal de cette ville, dans divers mélanges de gaz d'éclairage et d'air atmosphérique, considérés comme les plus explosifs, savoir :

1/5 de gaz et	4/5 d'air (en volume).		
1/6	*id.*	5/6	*id.*
1/8	*id.*	7/8	*id.*
1/10	*id.*	9/10	*id.*

La combustion s'est faite constamment à l'intérieur de la lampe sans se communiquer au milieu ambiant.

Présentée ensuite par nous, à deux reprises différentes, dans le grisou à la *Grosse-Fosse* et à la fosse *Ernest*, dans la concession d'Anzin, la lampe Dubrulle s'y est également bien comportée.

La toile métallique dont est formée l'anneau inférieur à travers lequel passe l'air d'alimentation, tout aussi bien que celle qui constitue le cylindre qui surmonte le cristal, présente 121 ouvertures au centimètre carré.

Il serait extrêmement aisé, si on le jugeait à propos pour accroître encore la sécurité de la

lampe et se mettre à l'abri d'un dérangement inaperçu du tissu (dangereux surtout, et seulement en amont de la flamme, ainsi que des expériences l'ont démontré); il serait aisé, disons-nous, sans changer en rien le système de la lampe, de placer deux anneaux superposés l'un sur l'autre au lieu d'un seul. Cette précaution est surabondante dans les cas les plus ordinaires.

La lampe Dubrulle est de dimensions qui la rendent tout aussi commode et tout aussi portative que les lampes ordinaires de Davy en usage dans le département du Nord. Lorsque son récipient est garni d'huile, et il en contient pour suffire à une combustion de 10 à 12 heures, le poids total de la lampe, prête à être mise en exercice, est de 475 grammes.

Les opérations qui constituent le service de la lampe, à savoir le démontage, le nettoyage, l'emplissage d'huile et le remontage, se font moins promptement que dans la lampe ordinaire de Davy, qui, par son extrême simplicité de construction, présente sur tous autres appareils de ce genre un avantage marqué sous ce rapport; mais toutefois cette manœuvre est assez prompte, et plus facile que la manœuvre qu'exigent les lampes de divers modèles qui ont été proposés comme plus sûres et plus lumineuses que la lampe primitive.

La lampe Dubrulle peut être établie à un prix qui n'est pas de beaucoup supérieur à celui des lampes ordinaires. Ainsi le prix des lampes ordinaires en usage dans le Nord est de 4f,25 à 4f,50 l'une; et M. Dubrulle nous a dit pouvoir établir son dernier modèle au prix de 5f,50 à 5f,75.

Ce nouvel appareil éclaire très-bien. La clarté

qu'il donne est supérieure à celle de quatre lampes ordinaires de Davy. Grâce au tirage actif qui s'établit de bas en haut par suite de sa construction, la lumière est vivace, et cette lampe peut être manœuvrée dans tous les sens sans craindre l'extinction. Toutefois, si on l'incline un peu fort, la flamme vient frapper le cylindre en cristal, le tapisse de noir de fumée et diminue par suite très-notablement le pouvoir lumineux de l'appareil.

Dans l'air d'une chambre, cette lampe brûle sept à huit heures en donnant une lumière vive, égale, sans qu'il soit nécessaire d'y toucher; au bout de ce temps la mèche s'est charbonnée à son extrémité; on agite la petite tige à ressort qui sert de mouchette, la portion charbonnée se détache; on élève la mèche de quelques millimètres, et la lumière reprend sa vivacité et continue à brûler ainsi tant qu'il y a de l'huile.

On obtient une belle clarté en brûlant 10 grammes d'huile par heure.

Les choses ne se passent pas tout à fait aussi bien dans l'intérieur de la mine, c'est à dire quand la lampe est placée dans un air chargé de poussière de charbon. La poussière de charbon entraînée par l'air d'alimentation vient s'arrêter sur la mèche, la charbonne, et au bout de deux ou trois heures il faut la moucher : ceci est un inconvénient assez faible. Il en est un plus grand et auquel il est plus difficile de remédier; il consiste dans la distillation qui se produit sur la mèche de la houille qui est venue s'y déposer : la vapeur et les liquides en provenant vont se déposer sur la paroi intérieure du cristal, y amènent du noir de fumée, y arrêtent la poussière charbonneuse, et

par suite obstruent le verre assez pour que la clarté de la lampe s'en trouve très-notablement amoindrie. Aussi, lorsqu'on tient à un front de taille une lampe du système Dubrulle, pendant les trois premières heures la lampe est très-lumineuse; au bout de ce temps le verre se ternit de plus en plus, surtout dans sa partie supérieure, et après huit heures d'exercice il est assez terni pour ne pas donner même autant de clarté qu'une lampe ordinaire.

Le verre se ternit plus promptement encore si l'on n'a soin de veiller à ce que l'anneau inférieur de toile métallique ne s'obstrue pas de poussière de charbon, et que faute d'une suffisante alimentation la lampe ne devienne fumeuse.

Il nous semble assez difficile de remédier complétement à l'inconvénient que nous venons de signaler et qui appartient, du reste, à toutes les lampes dans lesquelles tout ou portion du cylindre métallique est remplacé par un cylindre en cristal. On amoindrirait fort probablement cet inconvénient en plaçant à la partie inférieure deux anneaux de toile métallique au lieu d'un; car on diminuerait évidemment ainsi la quantité de poussière de charbon entraînée sur la mèche.

Toutes les lampes dans lesquelles on fait usage d'un cristal en guise de toile métallique (lampe Dumesnil, lampe Mueseler, etc.), offrent un certain danger inhérent à la possibilité que le cristal ne se rompe par la chute d'une pierre. Toutefois ce danger se trouve suffisamment prévenu par l'armature dans la lampe Dubrulle.

Une autre cause de danger qui est propre à ces sortes de lampes est celui qui peut parfois résulter de la projection sur le verre échauffé de quelques

gouttes d'eau froide, ou de toute autre cause de refroidissement subit.

Description de la lampe (*Pl. II, fig.* 1 *à* 13).

Fig. 1. Élévation de la lampe.

Fig. 2. Projection horizontale du réservoir d'huile, vu en dessus.

a. Petit levier en fer destiné, étant appuyé par un bout sur le rebord *b* du couronnement de la douille mobile qui enveloppe le porte-mèche, à maintenir celle-ci dans la position indiquée *fig*. 3, où la lampe est prête à être allumée.

e, *g*. Les deux pièces de la mouchette. La petite tige *g*, terminée par un ressort *f*, reçoit un mouvement horizontal propre à faire tomber la partie charbonnée au moyen de la pièce *c*, mue elle-même en dessous du réservoir par l'extrémité *l* (*fig*. 5) d'une tige *k* (*fig*. 6) qui traverse ce réservoir.

d. Petit orifice conique pour la rentrée de l'air dans le réservoir.

Fig. 3. Coupe verticale de la lampe, faite suivant la ligne GH de la *fig*. 2.

La douille mobile *q* et la pièce à coulisses horizontales *b* qui la surmonte, sont représentées dans la position correspondante à l'état figuré par le plan n° 2.

m m. Cylindre en cristal ou en verre, reposant en bas sur le porte-verre *nn*, pièce en cuivre représentée en plan et coupe par les *fig*. 9 et 10, et se rejoignant à sa partie supérieure au chapeau de toile métallique par une rondelle de feutre enfermée dans une garniture de cuivre, laquelle est serrée par le moyen de la vis latérale du porte-verre contre le rebord supérieur du bâti extérieur de la lampe.

p, *p*, *p*. Volutes du ressort conique destiné à repousser la douille mobile qui produit l'extinction lorsqu'on ouvre la lampe. Ce ressort est représenté développé dans la *fig*. 5.

Fig. 4. Projection horizontale du réservoir d'huile lorsque la douille mobile est levée et la lampe éteinte.

Fig. 5. Coupe verticale du réservoir d'huile, faite suivant la ligne EF de la *fig.* 4.

p,*p*,*p*. Volutes du ressort détendu après avoir remonté la douille *q*, dont l'ascension brusque produit l'extinction, et qu'on peut dénommer tube-éteignoir.

f. Position de la mouchette après l'ouverture de la lampe.

r. Bouton en cuivre qui sert à tourner la vis sans fin *v*, au moyen de laquelle on fait monter ou descendre le porte-mèche *s*.

Fig. 6. Projection horizontale du dessous du réservoir d'huile.

l. Crochet qui termine la tige verticale *k*, au moyen de laquelle on fait jouer la mouchette.

r. Bouton tournant pour manœuvrer la mèche.

Fig. 7. Coupe par l'axe du bâti extérieur de la lampe, lequel se visse sur le réservoir d'huile comme l'indique la *fig.* 3.

x,*x*. Tiges en fer qui relient les pièces en cuivre, supérieures et inférieures, du bâti. Il y en a quatre, et il y en a quatre autres *u*, *u* (*fig.* 1), qui s'élèvent jusqu'au chapeau; en sorte qu'il y a huit tiges formant l'armature de défense du cylindre de verre, et destinées à le préserver des chocs des corps durs.

Fig. 8. Coupe du bâti précédent par un plan horizontal AB.

Cette coupe fait voir le ressort α terminé par un petit mentonnet β, par lequel l'extrémité du petit levier *a* (*fig.* 2) est saisie, quand on veut dévisser la lampe, ce qui permet au ressort enfermé dans le réservoir d'huile d'élever le tube-éteignoir, et de produire l'extinction.

Fig. 9 et 10. Plan et coupe de la pièce en cuivre qui porte le cylindre en verre.

Les crans γ, γ, servent à démonter la lampe au moyen d'une sorte de tourne-vis représenté *fig.* 13.

Fig. **11 et 12. Elévation et coupe de la douille fixe qui sert à guider la mèche, et du porte-mèche.**

Fig. **13. Plan et coupe de l'outil qui sert au démontage de la lampe lorsqu'on opère le nettoyage de ses parties.**

Nota. Le sieur Dubrulle a rédigé pour le service de sa lampe une instruction que nous croyons utile de transcrire textuellement à la suite de la description qui précède.

1° Dévissez le dessus de la lampe;

2° Otez le couvercle du tube-éteignoir;

3° Faites rentrer ledit tube et maintenez-le avec le crochet servant de détente;

4° Otez la mèche qui a servi (pour ôter la mèche faites tourner le bouton qui se trouve sous la lampe);

5° Laissez échapper la détente, afin que le tube-éteignoir soit sorti de la lampe;

6° Versez l'huile dans ledit tube pour emplir la lampe;

7° Faites rentrer le tube-éteignoir et maintenez-le avec un crochet;

8° Mettez une mèche nouvelle;

9° Faites sortir le tube-éteignoir;

10° Remettez le couvercle dudit tube, auquel est adapté un petit ressort en fil de fer pour moucher la mèche;

11° Observez que le crochet dudit ressort soit tourné du côté de la petite fourche qui est sur le réservoir, afin de l'engager à cette dernière quand le tube sera rentré;

12° Faites rentrer le tube dans la lampe et fixez-le avec le crochet servant de détente;

13° Faites sortir la mèche de quelques lignes; coupez-la bien droite, afin qu'elle ne fume pas étant allumée;

14° Allumez la lampe;

15° Remettez le dessus de ladite lampe et vissez-le jusqu'au fond.

Observations.

Cette lampe ainsi préparée fonctionne douze à treize heures, à la condition de ne plus toucher à la mèche pour la faire monter ou baisser quand on a obtenu une flamme blanche sans fumée.

Sept ou huit heures après qu'elle aura commencé à fonctionner, on fera tomber le charbon en agitant le crochet qui se trouve en dessous de la lampe.

Le charbon ainsi tombé de la mèche, on la remonte un peu et l'on obtient la même lumière qu'on avait primitivement.

Cette lampe consomme pour un centime d'huile par heure et pour un quart de centime de mèche en douze heures.

Nettoyage de la lampe.

1° Dévissez avec la clef la plaque de cuivre qui soutient le verre.

2° Otez le verre et le cylindre en toile métallique;

3° Otez le cercle en toile servant de courant d'air;

4° Pour nettoyer les pièces en toile métallique de cette lampe, passez-les au feu afin de les faire rougir, ou frottez-les avec une brosse imbibée d'essence de térébenthine.

Observations sur la nouvelle lampe de sûreté de M. Dubrulle, par M. Combes, ingénieur en chef des mines (1).

Sur la mèche plate. — Je ne saurais dire si la substitution d'une mèche plate, tressée, à la mèche ronde ordinaire, formée de fils de coton juxtaposés offre plus d'avantages que d'inconvénients, pour les lampes de mines. Je crois que les uns compensent à peu près les autres. L'expérience prononcera.

Tube-étouffoir. — Le mécanisme du tube-étouffoir de M. Dubrulle est ingénieux, mais son utilité me paraît nulle. La fermeture absolue de la lampe, si elle était jugée utile pour la sûreté des ouvriers et des mines, a été obtenue et pourrait être obtenue par des moyens beaucoup plus simples que ne l'est le tube-étouffoir de M. Dubrulle. Un mineur n'ouvre jamais sa lampe dans une atmosphère actuellement inflammable, parce qu'il s'apercevrait du danger, aux caractères très-saillants que présente alors la flamme de la mèche. L'ouverture de la lampe ne peut être supposée avoir lieu que dans le cas où l'air ambiant n'est pas actuellement explosif. Le danger est qu'il le devienne accidentellement plus tard, tandis que la lampe est ouverte. Or l'ouvrier porteur d'une lampe de M. Dubrulle, et qui serait tenté de l'ouvrir pour y voir plus clair, ne manquerait pas de le faire; l'étouffoir ne le gênerait pas du tout; il en serait quitte pour rallumer la lampe éteinte, à l'aide d'une allumette chimique ou d'un briquet qu'il aurait dans sa poche. J'ajouterai que si un ouvrier

(1) Le rapport de M. Blavier et le modèle de lampe de M. Dubrulle ont été communiqués par M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, à M. Combes, en l'invitant à lui faire connaître son avis sur cette nouvelle lampe de sûreté.

était assez stupide pour ouvrir une lampe Dubrulle, au milieu d'une atmosphère explosive, il me paraît à peu près certain que le feu se propagerait au dehors à l'instant même où le châssis de l'enveloppe serait tout à fait dévissé, et avant que l'étouffoir eût fonctionné.

Ainsi le tube-étouffoir de M. Dubrulle ne vaut pas les moyens, beaucoup plus simples, par lesquels on peut fermer les lampes de façon à ce que les ouvriers soient dans l'impossibilité de les ouvrir pendant qu'ils sont à leur travail. Au reste, dans mon opinion, il est superflu d'avoir recours même à ces derniers moyens. Une bonne police de la mine et le bon sens des ouvriers sont à mes yeux des garanties suffisantes.

Mouchette.—Le système de mouchette adopté par M. Dubrulle me paraît un perfectionnement ingénieux et utile.

Suppression de la cheminée intérieure en tôle qui existe dans les lampes Dumesnil, Mueseler et autres à cylindre en cristal. — Cette suppression est, je n'en doute pas, tout à fait inopportune. La cheminée en tôle a pour but et pour effet de produire un léger tirage qui tend à maintenir la flamme et le courant de fumée dans l'axe de la lampe, et prévient par conséquent, en partie au moins, le dépôt de suie qui ternit le cristal. M. Blavier a constaté que cet effet se produit dans la lampe de M. Dubrulle brûlant dans l'air d'une mine. La cheminée ferait disparaître, ou du moins atténuerait cet inconvénient.

En définitive, il me paraît convenable d'autoriser l'emploi de la lampe de sûreté de M. Dubrulle, dans les mines à grisou, concurremment avec celle de Davy et les autres lampes à cylindre en cristal de MM. Dumesnil et Mueseler.

DESCRIPTION

Des registres ovales, à mouvement circulaire, établis à l'usine de la Voulte (Ardèche).

Par M. G. GAUTHIER.

Les registres, ou tiroirs à mouvement circulaire, qui font le sujet de cette notice, ont été adaptés aux tuyaux porte-vent des hauts-fourneaux de la Voulte, dans le courant de l'année 1845. Les avantages qui résultent de leur emploi sont la conséquence de la simplicité de leur construction : faible prix de revient, longue durée, entretien nul, et usage de la plus grande commodité. Ils sont destinés à remplacer les mécanismes servant habituellement à intercepter les courants d'air chaud dans les conduites, mécanismes que leur volume rend gênants, que leur complication rend coûteux et sujets à de fréquents dérangements.

Un registre ovale est composé de deux plaques elliptiques séparées, l'une de l'autre par un liteau également elliptique placé sur le bord, et laissant entre elles un espace vide, dans lequel peut se mouvoir le disque qui sert de diaphragme. Chacune de ces plaques porte une tubulure du diamètre de la conduite ; l'axe de la tubulure se confond avec l'un des foyers de l'ellipse. Le cercle correspondant à l'autre foyer est plein. Toutes les pièces, dont il vient d'être question, sont en fonte.

Le disque, devant être placé tantôt sur l'orifice de la tubulure, tantôt sur la partie pleine, est assujetti à décrire un arc de cercle autour d'un axe

ou arbre en fer. Un petit levier, fixé sur cet arbre d'une manière invariable par l'une de ses extrémités, communique le mouvement au disque au moyen d'un goujon rivé légèrement au centre de ce dernier, et pénétrant dans l'autre extrémité du petit levier. L'arbre traverse d'un côté l'épaisseur de la plaque ovale pour recevoir à l'extérieur un grand levier destiné à la main de l'homme. Le registre ainsi monté, convenablement serré par des boulons, et mastiqué, doit être placé de telle manière que le grand axe de l'ellipse soit horizontal, et que le centre de rotation du grand levier se trouve au-dessous de cet axe. Le grand levier doit être courbé suivant la circonférence extérieure de la tubulure, jusqu'à ce que son extrémité devienne horizontale. Il suit de ces dispositions que le centre de gravité du système mobile, arrivé aux deux extrémités de la course, ne sera jamais sur la verticale passant par l'arbre; par conséquent, son poids maintiendra le disque dans la position qu'on voudra lui donner.

Comme on le voit, le mouvement est très-simple; il exige peu de force. Le tiroir ne donne lieu à aucune fuite d'air, lorsque l'ajustage est fait convenablement, et lorsqu'on a le soin de percer le trou par lequel passe l'arbre en fer, exactement au diamètre de cet arbre. Pour arrêter complétement toute perte, on pratique dans la plaque ovale, tout autour de l'arbre, une petite rainure circulaire qui reçoit une garniture d'amiante; on assujettit la garniture au moyen d'une petite plaque percée exactement au diamètre de l'arbre, et serrée par deux petits boulons.

L'ajustage des pièces de fonte est très-facile; il consiste à dresser sur le tour et à roder convenable-

ment les parties destinées au frottement du disque sur la plaque ovale. Ces parties sont indiquées par une petite saillie de 5 millimètres de hauteur, et de 20 millimètres de largeur. Afin que le tiroir porte toujours bien sur sa battue, dans quelque position qu'on la mette, il faut laisser un peu de jeu entre le goujon et le trou du petit levier, pour prévenir le cas où l'ajustage des pièces de fer ne serait pas parfait. La pression de l'air procurera toujours alors une adhérence complète.

Lorsque le registre est destiné à intercepter l'air sortant des appareils dans lesquels il est échauffé avant d'être lancé dans les hauts-forneaux, il est quelquefois utile qu'il n'interrompe pas la circulation dans ces appareils. Pour obtenir ce résultat, on ajoute une petite tubulure sur la partie pleine de la plaque ovale; le vent s'échappe alors dans l'atmosphère au moment où on l'enlève aux tuyères.

A la Voulte, les anciens hauts-fourneaux sont tellement rapprochés les uns des autres, qu'on a été obligé de supprimer les tubulures. Les plaques ovales ne portent que des orifices en mince paroi. Le registre tout monté a été ainsi réduit à l'épaisseur de 10 centimètres; il est placé dans un joint entre les brides de deux tuyaux voisins.

Explication du registre (Pl. II, fig. 14 *à* 19).

Fig. 14. Vue de face du registre, du côté par lequel arrive le vent : on suppose la bride de la tubulure supprimée par un plan coupant. Le levier destiné à la main de l'homme est vu dans le milieu de sa course, avec son ajustage à clavette sur l'arbre.

Fig. 15. Coupe verticale par le petit axe de l'ovale : on remarquera que le plan qui produit cette coupe passe par le milieu de l'épaisseur des tubulures. Le disque est au milieu de sa course.

Fig. 16. Vue de l'intérieur du registre, en supposant que la plaque ovale représentée *fig.* 14 est enlevée. On y voit toutes les autres pièces, y compris le liteau ovale de la *fig.* 17. Le disque est encore au milieu de sa course. Son centre décrit un arc de cercle, tel que l'orifice de la tubulure peut être entièrement découvert. La forme des plaques ovales est déterminée par la ligne que suit le disque dans sa course. Cette forme n'est pas une ellipse régulière, mais un ovale composé de quatre arcs de cercle, deux petits ayant pour centres les extrémités de la course du milieu du disque, et deux grands ayant pour centre l'axe de rotation du levier.

A droite du petit axe de l'ovale se trouve la projection de la grande tubulure; à gauche la projection de la petite tubulure adaptée à la partie pleine pour l'échappement de l'air.

Fig. 17. Vue de face du liteau ovale, qui donne aux deux plaques l'écartement nécessaire au mouvement du disque et de son levier. Cette figure est destinée à éclaircir la *fig.* 16.

Fig. 18. Coupe horizontale suivant le grand axe de l'ovale. Le plan coupant passe par l'axe des tubulures : on suppose que le disque et les pièces de fer ont été enlevées.

Fig. 19. Vue de face de la plaque ovale supportant le frottement du disque. Elle porte une rosace destinée à augmenter l'épaisseur de la fonte, dans le point où se trouve l'extrémité de l'arbre des leviers.

RAPPORT

Sur l'explosion d'un cylindre à air comprimé sur l'avaleresse n° 7, dite la Naville, *située dans la concession de Douchy* (Nord);

Par M. L. COMTE, Ingénieur des mines.

Avant de raconter les circonstances du malheureux événement dont nous avons à rendre compte, il nous paraît indispensable d'exposer aussi brièvement que possible comment s'opérait le travail entrepris à l'avaleresse la Naville, et de quelle manière son exécution a été successivement modifiée jusqu'au moment où il a été brusquement interrompu par un grave accident. Nous rendrons ainsi plus facile l'intelligence des faits et l'appréciation des hypothèses à l'aide desquelles ils peuvent être expliqués.

Dans la première période du travail, on avait traversé deux niveaux et exécuté deux picotages dans des couches de calcaire argileux connues dans le pays, la première sous le nom de *faux bleu*, la seconde sous celui de *bleu*. Le premier picotage était environ à 18 mètres, le second à 19^m,50 de profondeur, et le fond du puits se trouvait à 0^m,40 au-dessous de ce dernier. M. l'ingénieur en chef Blavier a rendu compte, dans un rapport adressé à M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, de cette première partie du travail, et nous renvoyons, pour la description de l'appareil tel qu'il était alors employé, au mémoire publié dans les *Annales des mines*, 4e série, t. IX, p. 349.

Une fois le second picotage exécuté, on croyait avoir isolé les deux niveaux qu'on sait par expérience être au moins dans l'étendue explorée de la concession de Douchy, les plus aquifères, les plus difficiles à passer. On pensait pouvoir continuer l'avaleresse par le travail ordinaire d'approfondissement, et le directeur, M. Charles Mathieu, se fondant sur les circonstances observées par lui lors du creusement des autres fosses de la concession de Douchy, espérait maîtriser les eaux des niveaux qui restaient encore à traverser au moyen de deux pompes de $0^m,21$ de diamètre, mises en mouvement par la machine à vapeur de la force de quatorze chevaux qui avait servi jusqu'alors à faire marcher le cylindre soufflant. L'appareil à air comprimé fut donc démonté, et les pompes dont nous venons de parler furent installées. Pendant le temps nécessaire à ces dispositions, l'eau était remontée dans l'avaleresse et avait repris son niveau naturel, à $1^m,80$ de la surface du sol.

Lorsqu'on fit marcher les pompes on ne parvint pas à faire baisser ce niveau d'une manière sensible. Ce résultat fut attribué à l'insuffisance des moyens d'épuisement, et on prit le parti de remplacer les pompes dont on venait de faire usage par deux autres de $0^m,56$ de diamètre qui furent attelées à une machine à vapeur à traction directe de la force de trente chevaux. Nous devons dire de suite comment cette machine était placée, parce que cette circonstance a peut-être influé sur l'accident dont il doit être question dans ce rapport.

Deux énormes piliers en briques, avec mortier composé de cendres et de chaux de Tournay, furent construits, un de chaque côté de l'avaleresse. Ils ont chacun 6 mètres de hauteur au-

dessus du so l, et leur section horizontale présente 3 mètres sur 2 mètres. Les deux piliers laissent entre eux un espace de 3m,32 de largeur occupé par le puits, dont le cuvelage décagonal a un diamètre intérieur de 3 mètres, mesuré d'angle en angle. Ils reposent sur une assise de béton de 0m,40 environ d'épaisseur, coulée à la profondeur de 0m,80 sur un terrain argileux mêlé de silex. Leurs fondations en briques ont donc une hauteur de 0m,40, et, pour chaque pilier, ces fondations présentent sur les trois faces, autres que celle qui regarde le puits, une saillie ou banquette de 0m,30 de largeur à peu près. La couche de béton sur laquelle les deux piliers sont établis existe également entre ces piliers tout autour du cuvelage de l'avaleresse.

Sur les deux massifs ainsi construits on plaça de champ deux sommiers en chêne présentant un équarrissage de 0m,60 sur 0m,55, et posés à 0m,50 l'un de l'autre. Chacun de ces deux sommiers fut relié aux massifs, ainsi que l'indique la *fig.* 1, *Pl. III*, par quatre tirants en fer, de 0m,045 de diamètre et de 6 mètres environ de longueur, boulonnés d'une part sur le sommier lui-même, de l'autre sur les oreilles de plaques en fonte qui traversent les piliers et y ont été engagés au moment même de l'exécution de la maçonnerie.

Le système que nous venons de décrire ayant été solidement établi, la machine à traction directe fut installée sur les deux sommiers. Cette machine fit d'abord manœuvrer les deux pompes de 0m,56 de diamètre. On ne parvint pas encore à se débarrasser des eaux qui affluaient dans l'avaleresse. On adapta sur la même machine deux nouvelles pompes de 0m,37 de diamètre. Les quatre

pompes fonctionnant à la fois, on ne parvint pas davantage à vider le puits. Ces quatre pompes avaient une levée de $1^m,48$, et donnaient 12 coups par minute; c'est-à-dire qu'elles fournissaient 6.800 hectolitres d'eau par heure, sans faire baisser au delà d'une certaine limite, 8 ou 9 mètres de profondeur, le niveau de l'eau dans l'avaleresse.

Il devint alors probable que les eaux des deux niveaux traversés n'étaient pas contenues par le cuvelage. Cette hypothèse était admissible, car les deux picotages déjà faits, exécutés dans des bancs fissurés, n'offraient pas assez de solidité pour qu'on ait pu, à l'aide du brondissage, serrer suffisamment les joints horizontaux du cuvelage. Peut-être aussi les deux niveaux étaient-ils en communication derrière les trousses picotées, ces trousses étant établies dans des terrains trop fissurés. Cette dernière hypothèse est également raisonnable et trouverait son explication dans le procédé employé pour le foncement de l'avaleresse : l'air comprimé qui refoule l'eau dans les fissures du terrain doit effectivement avoir en même temps pour effet d'ouvrir ces fissures.

Quoi qu'il en soit, on dut renoncer à l'emploi des pompes, et songer à se servir de nouveau de l'air comprimé; il fallait alors profiter de l'expérience acquise dans la première période du travail, se mettre à l'abri des accidents qu'on avait déjà éprouvés, c'est-à-dire du déplacement du cuvelage par la pression de l'air, et du soulèvement du sas placé à l'orifice du puits. Ces accidents se seraient en effet reproduits avec d'autant plus de facilité, qu'en allant à une plus grande profondeur on aurait besoin d'une pression d'air plus considérable.

Voici le système qu'adopta M. Charles Mathieu : il fit confectionner un tube en tôle composé de trois parties principales : la première a la forme d'un tronc de cône renversé ; elle a $4^m,50$ de hauteur. Sa base supérieure a 2 mètres de diamètre, comme le cylindre qui sert de sas. Cette base présente une bride en fonte sur laquelle la tôle est rivée et qui doit être boulonnée sur le collet du fond inférieur du cylindre : la base inférieure a $1^m,50$ de diamètre. La partie intermédiaire du tube est un cylindre de $1^m,50$ de diamètre et de 10 mètres de hauteur. Elle est composée de trois pièces. La partie inférieure est un tronc de cône dont la hauteur est de $4^m,50$: le diamètre de la base supérieure est $1^m,50$; celui de la base inférieure est $2^m,40$. Cette dernière base est pourvue, comme celle du haut du tube, d'un collet en fonte de $0^m,1$ de largeur. Les diverses parties de l'appareil sont réunies à l'aide de bagues en fonte, sur lesquelles elles sont rivées, et qui sont fixées l'une sur l'autre au moyen de boulons et d'écrous.

Cet appareil fut placé dans le puits par pièces, en commençant par la partie inférieure du tube, sur laquelle on assembla successivement toutes les autres, et enfin le cylindre lui-même. Tout le système fut descendu jusqu'au niveau du premier picotage et suspendu à des sommiers horizontaux placés à l'orifice de la fosse, au moyen de tirants en fer. Pour éviter le soulèvement de l'appareil par la pression de l'air, on enfonça dans le sol, au moyen du mouton, de chaque côté du puits et entre les deux piliers qui supportent la machine à traction directe, quatre pieux de $0^m,20$ de diamètre, ferrés à leur extrémité inférieure. Ces pieux, enfoncés à 4 mètres de profondeur, présentaient,

à raison de leur adhérence dans le sol, une force qu'on appliqua à la consolidation de l'appareil. De forts sommiers en chêne furent placés sur les pieux et reliés à ceux-ci par des armatures en fer. Ces sommiers eux-mêmes et le sas à air furent rendus solidaires au moyen de tirants en fer; de telle sorte que l'appareil ne pouvait être soulevé sans que les huit pieux ne fussent d'abord arrachés.

Le tube étant ainsi fixé on refoula jusqu'à sa base, au moyen de l'air comprimé, l'eau qui le remplissait: on put alors y descendre et aller établir au-dessous une trousse *colletée* fortement serrée contre les pièces du premier picotage et contre la bride horizontale qui se trouve à la base de l'appareil.

D'après la position dans laquelle le tube est placé, sa base supérieure est à 1 mètre au-dessus du sol. Le sas à air ayant lui-même $3^m,60$ de hauteur, le fond supérieur de l'appareil se trouve élevé à $4^m,60$, et il reste $1^m,40$ d'intervalle entre ce fond et les deux sommiers qui portent la machine à traction directe.

On a voulu enfin profiter, dans le but d'assurer la fixité du système, des constructions faites pour l'installation de cette machine; et, à cet effet, entre les sommiers qui la supportent et le couvercle supérieur du sas à air, on a placé quatre étais verticaux en chêne, d'un diamètre moyen de $0^m,16$, serrés au moyen de coins. On comprend que l'appareil ne pouvait être déplacé par la pression de l'air s'exerçant de bas en haut, sans que, par l'intermédiaire de ces étais, les deux massifs de maçonnerie, les sommiers et la machine à traction directe ne le fussent également.

Nous insistons sur cette dernière disposition,

parce qu'il est possible qu'elle ait joué un certain rôle dans l'accident qui est arrivé.

Lorsque toutes les dispositions dont nous venons de parler furent terminées, on recommença le travail d'enfoncement tel qu'il a été décrit par M. l'ingénieur en chef Blavier. Repris le 30 octobre dernier, le travail avait été poursuivi sans interruption, et le dimanche, 20 décembre, on était parvenu à la profondeur de 28^{m},80. Tout marchait aussi bien qu'on pouvait le désirer. La pression d'air nécessaire pour maintenir les eaux était de 2$^{atm.}$,20 effectives, mesurée au manomètre, et, pour entretenir cette pression, la machine à vapeur de 14 chevaux qui faisait mouvoir le cylindre soufflant n'avait à donner qu'un nombre de coups de piston assez limité, environ 8 par minute. On se trouvait en effet dans des bancs beaucoup moins ouverts, et les pertes d'air par les fissures du terrain étaient par conséquent moins considérables.

M. Ch. Mathieu avait passé à l'avaleresse une grande partie de la journée du dimanche, et il s'était retiré très-satisfait de la marche de son travail au moment où un nouveau poste d'ouvriers venait d'entrer dans l'appareil. Il était alors environ six heures un quart du soir.

Le nouveau poste descendu dans l'avaleresse se composait de huit hommes, savoir :

Constant Eraux,	porion.
Émile Eraux, Constant Bertiaux, Henri Blanchart,	mineurs.
Louis Fiévet, Ledieu Antoine Miroux, François Miroux, Charles-Louis Wéry,	tourteurs employés à la manœuvre du treuil placé dans le sac à air pour l'extraction des déblais.

Ces ouvriers travaillaient tous à l'intérieur de l'appareil, par conséquent la porte supérieure du cylindre était fermée, celle inférieure était ouverte et toutes les parties de l'appareil renfermaient de l'air à la pression totale de $3^{atm.},20$. Vers huit heures et demie du soir le couvercle supérieur du sas éclata avec fracas. Voici quelle était alors la position respective des huit hommes enfermés dans le puits :

Le porion Constant Éraux était à genoux sur le terrain momentanément à sec qui forme le fond du puits, et excavait au pic les parois de la fosse sous la dernière assise de cuvelage posée afin de préparer la place d'une nouvelle trousse. Constant Bertiaux et Henri Blanchard se trouvaient à côté du porion et venaient de déplacer une échelle mobile qui le gênait dans son travail. Émile Éraux était sur un plancher situé un peu plus bas que la trousse colletée appliquée contre la base du tube. Il avait pour mission de veiller aux fuites d'air qui pouvaient se déclarer par les joints et d'arrêter ces fuites en bouchant avec de l'argile grasse les orifices d'échappement.

Les quatre autres ouvriers se trouvaient dans le sas à air; l'un, Charles-Louis Wéry, placé dans le compartiment inférieur, guidait les caisses d'extraction; les trois derniers, dans le compartiment supérieur, faisaient la manœuvre du treuil.

Lorsque le couvercle du cylindre éclata, le plancher intermédiaire en bois sur lequel on entreposait les caisses pleines amenées du fond du puits fut arraché et projeté hors du cylindre en même temps que les trois hommes qu'il supportait. Ces ouvriers ont été lancés contre les deux sommiers qui se trouvent immédiatement au-

dessus de l'appareil et ont été tués par le choc. Deux d'entre eux, François Miroux et Ledieu-Antoine Miroux, ont été retrouvés hors du cylindre. Louis Fiévet est retombé au fond du sas, où Charles-Louis Wéry a été également écrasé par les caisses d'extraction et par les fragments du couvercle. La mort de ces quatre hommes a dû être instantanée.

Pour les ouvriers qui se trouvaient dans l'avaleresse les choses se sont passées d'une manière heureusement différente. Au moment de l'explosion, la porte placée sur le fond inférieur du cylindre, et qui se meut de bas en haut, s'est refermée brusquement, ou du moins n'a laissé d'écoulement à l'air que par une ouverture plus ou moins grande déterminée par un obstacle qui s'est trouvé pris entre le panneau mobile et l'embrasure. L'air comprimé de la fosse ne s'est donc pas détendu d'une manière aussi brusque que dans le cylindre. Cet air ne pouvait s'échapper que par deux orifices : la porte incomplétement fermée et le tronçon du tuyau d'introduction de l'air resté fixé au fond inférieur du cylindre. On comprend donc que l'eau ne soit pas remontée précipitamment dans l'avaleresse et que les ouvriers enfermés dans cette avaleresse n'aient pas éprouvé les effets physiologiques certainement très-violents qui doivent se manifester sur des hommes plongés dans un bain d'air qui se détend brusquement de 3,20 à 1 atmosphère. Émile Éraux, placé sur un planchage intermédiaire et à proximité de la descenderie, put arriver sans accident à la partie supérieure du puits. Constant Bertiaux et Henri Blanchart, qui avaient encore en main l'échelle volante déplacée par eux, commencèrent aussi leur ascension. Constant Éraux, bien que se trou-

vant dans une obscurité complète, put saisir aussi l'échelle mobile et remonter à la suite de Constant Bertiaux et de Henri Blanchart. Qu'arriva-t-il à ces deux mineurs? personne ne peut le dire. Toujours est-il qu'ils ont lâché les échelles et sont retombés dans l'eau qui s'accumulait au fond du puits. L'un d'eux, dans sa chute, heurta violemment le porion Constant Éraux, le blessa même à la tête avec son sabot et le précipita au fond de l'avaleresse. Ce porion, qui a fait preuve en cette circonstance d'une énergie vraiment extraordinaire, parvint en se débattant dans l'eau à saisir le tuyau de décharge, et à l'aide de ce tuyau il réussit à remonter toute la hauteur que l'eau avait déjà envahie. Il trouva un puissant secours dans le mouvement ascensionnel de l'eau, et peut-être aussi dans la légèreté spécifique que lui communiquait l'air comprimé dont certaines parties de son corps étaient encore plus ou moins remplies. Une fois la tête hors de l'eau, Constant Éraux se trouvait vers la partie la plus étroite du tube en tôle, il put par conséquent saisir les échelles fixes et remonter à l'orifice du puits. Sa première pensée fut pour Constant Bertiaux et Henri Blanchart, mais ces deux mineurs étaient restés au fond de la fosse, où ils ont été noyés. Leurs cadavres n'ont été retrouvés que dans la journée du 23.

Telles ont été les circonstances du malheureux événement arrivé à l'avaleresse la Naville, et dont six hommes ont été victimes. Après avoir constaté les faits que nous venons d'exposer, nous avons dû rechercher à quelle cause pouvait être attribuée la rupture du couvercle du sas à air. Avant d'énoncer notre opinion à ce sujet, nous dirons quelle

forme avait le couvercle et de quelle manière il éclata.

Le fond supérieur du sas à air (*fig.* 3) était formé d'un anneau cylindrique de 0^m,20 de hauteur, terminé à sa partie supérieure par un fond plat de 2^m,18 de diamètre intérieur, à sa partie inférieure par une bride qui se boulonnait sur le collet supérieur du cylindre; l'anneau cylindrique et le fond plat se joignaient à vive arête à l'intérieur comme à l'extérieur du couvercle; il n'y avait pour ainsi dire pas plus d'épaisseur à l'angle de raccordement qu'en tout autre point. Le fond plat portait deux tubulures ayant 0^m,24 de diamètre intérieur et une hauteur de 0^m,15, tant en dessus qu'en dessous de sa surface. L'une d'elles était destinée à recevoir le tuyau d'introduction d'air, l'autre donnait passage au tuyau de décharge. Ce couvercle était en fonte, d'une seule pièce, et avait été coulé dans les ateliers de la compagnie de Douchy. Lorsqu'il était fixé sur le sas, la paroi cylindrique de ce dernier se prolongeait au-dessus de la bride d'assemblage presque jusqu'au fond plat, et il existait entre cette paroi et l'anneau du couvercle un vide rempli avec des étoupes chassées au brondissoir. Le fond plat était percé d'une porte rectangulaire ayant 0^m,70 sur 0^m,35, et placée de telle manière que le diamètre passant par les centres des deux tubulures était perpendiculaire aux deux longs côtés et les partageait en deux parties égales. Les centres du fond plat et du rectangle étaient à 0^m,20 l'un de l'autre, et la tubulure dont la porte était la plus voisine est celle du tuyau d'introduction d'air. Le fond plat était en outre pourvu d'une soupape de sûreté qui n'était pas réglée et qui ne servait à rien; il

était muni d'un robinet donnant au besoin issue à l'air contenu dans le cylindre; il supportait enfin, à l'aide de deux tirans en fer boulonnés sur lui, le treuil servant à l'enlèvement des déblais.

Le fond inférieur du cylindre (*fig.* 4) était tout à fait plat et ne présentait que 2 mètres de diamètre intérieur. Coulé également d'une seule pièce, il avait une porte rectangulaire et deux tubulures de mêmes dimensions que celles du couvercle supérieur et occupait la même position relative. Le tuyau d'introduction d'air, assemblé à l'aide de boulons et d'écrous sur les tubulures correspondantes des deux fonds, contribuait à maintenir entre ces deux fonds le même écartement. Ce tuyau avait comme les tubulures $0^m,24$ de diamètre intérieur, il était en tôle rivée de $0^m,005$ d'épaisseur. La colonne de décharge était en cuivre de $0^m,002$ environ d'épaisseur et avait un diamètre de $0^m,06$. Cette colonne faisait comme la précédente fonction de tirant, mais elle agissait beaucoup moins efficacement, car elle offrait moins de résistance et était appliquée sur une plus grande surface.

La rupture du couvercle a eu lieu de telle manière que le fond plat a été arraché sur toute sa circonférence. Plusieurs autres lignes de fracture ont en outre été déterminées, soit par une des causes déterminantes de l'explosion, soit postérieurement à l'arrachement par suite des chocs qui ont été la suite de l'accident. Nous indiquons, sur la *fig.* 3, ces lignes de fracture (A*b*, C*h*, *e*H, Q*fg*), sans rien dire quant à présent sur leur origine. Nous ferons remarquer que le point *e* est différent du sommet B; nous ajouterons que la fonte avait éprouvé au point C un retrait plus considérable

que partout ailleurs, et que sur la direction de la déchirure C*h* il existait une soufflure *m* déterminant un vide d'environ 15 centimètres cubes. Ces défauts de moulage sont les seuls un peu graves que nous ayons observés.

En même temps que le fond plat du couvercle éclatait, les deux colonnes d'introduction d'air et de décharge étaient brisées à la hauteur des tubulures placées sous le fond supérieur; sur la colonne d'introduction d'air, ce sont les boulons du joint avec la tubulure qui ont été arrachés; pour celle de décharge, la déchirure s'est opérée près d'un collet brasé, à l'endroit même de la soudure.

Quelles ont été maintenant les causes de l'explosion? Nous avons voulu d'abord nous assurer si la fonte du couvercle était de bonne qualité, et nous avons fait briser en notre présence un des fragments de ce couvercle afin d'obtenir une cassure fraîche. On a fait usage d'une masse à deux hommes pesant au moins 20 kilogrammes, et que deux ouvriers agissant ensemble élevaient à une hauteur d'environ 2 mètres. C'est avec beaucoup de difficulté et seulement après au moins dix coups de masse qu'on a pu détacher un morceau de fonte. La cassure nous a fait voir que cette fonte était grise, bien homogène, en un mot d'un aspect très-satisfaisant.

Nous avons mesuré l'épaisseur du couvercle en différents points de l'anneau cylindrique et nous avons trouvé cette épaisseur variable depuis 40 jusqu'à 44 millimètres. Pour le fond plat cette épaisseur était plus considérable, elle était en général de 50 et allait même en certains points jusqu'à 57 millimètres.

Prenons 42 millim. pour l'épaisseur moyenne

de l'anneau du couvercle. Si le fond plat avait eu une surface parfaitement rigide, la pression qu'il supportait se serait transmise en totalité sur cet anneau, dont la section horizontale présente une superficie de 2.930 centimètres carrés. Or le fond plat ayant 2^{m},18 de diamètre intérieur et étant soumis à une tension effective de 2^{atm},20, avait à supporter une pression de 84.685 kilogrammes. Cette pression appliquée sur l'anneau du couvercle n'aurait donné que 28^{k},90 pour chaque centimètre carré de section. C'est énormément au-dessous de ce que la fonte grise de bonne qualité peut supporter quand elle est soumise à un effort de traction longitudinale.

Ce n'est donc ni dans la qualité, ni dans un défaut d'épaisseur de la fonte qu'il faut chercher la cause de la rupture du couvercle. Nous avions pensé d'abord que le terrain sur lequel l'avaleresse la Naville est ouverte étant marécageux et peu favorable à l'établissement d'une construction pesante, un mouvement avait eu lieu dans les piliers sur lesquels la machine à traction directe est posée et que, par suite de ce mouvement il s'était transmis sur le couvercle du cylindre, par l'intermédiaire des étais serrés sur lui, une pression de haut en bas capable de le déformer. Mais nous avons constaté que les deux massifs n'avaient pas bougé. Nous avons donc abandonné cette hypothèse et cherché dans des faits d'une autre nature les causes de l'accident. Ces faits sont les suivants :

1° Le fond plat du couvercle n'était pas une surface parfaitement rigide. On sait en effet que quand la fonte est soumise à un effort de traction transversale, elle prend sous cet effort une cer-

taine flexion. L'élasticité du métal s'altère promptement et ce métal éprouve une déformation permanente quand il supporte une charge très-inférieure à celle que produirait la rupture, une charge qui serait par exemple de 1 à 80. Cette déformation permanente est d'autant plus sensible que l'effort exercé s'approche plus de celui qui correspond à la rupture; et pour une même charge appliquée d'une manière continue, elle va en croissant avec le temps.

Or, depuis le commencement du travail, le fond plat du couvercle a été soumis à des pressions de plus en plus grandes jusqu'à celle de 2,4 atmosphères effectives, la plus forte qu'ait indiquée le manomètre. Pour chacune des deux périodes pendant lesquelles on a employé l'air comprimé, l'effort exercé sur le couvercle a été intermittent. Ces deux périodes ont eu ensemble une durée de cinq mois au moins, pendant laquelle le fond plat a éprouvé continuellement un mouvement d'oscillation dans le sens vertical. Ce fond plat n'étant d'ailleurs déchargé qu'à de courts intervalles de la pression exercée sur lui, sa déformation s'est par conséquent accrue graduellement, et comme la fonte est un métal cassant dont les fibres ne peuvent prendre qu'un allongement limité, ces fibres se sont nécessairement brisées; des fissures se sont produites, une entre autres, marchant de l'intérieur à l'extérieur, a dû se former le long de l'arête circulaire de raccordement du fond plat avec la paroi cylindrique du couvercle, arête autour de laquelle la déformation s'opérait.

2° Par suite de la manœuvre nécessaire pour l'entrée et la sortie des ouvriers ou des matériaux,

le sas à air a été soumis pendant toute la durée du travail à de très-fréquentes variations de température. Au moment de sortir de l'appareil, après avoir fermé la porte de communication du sas avec l'intérieur du puits, on donnait écoulement à l'air contenu dans le cylindre. Cet air en se raréfiant produisait un abaissement notable de température. Pour pénétrer de nouveau dans l'avaleresse il fallait, après avoir fermé la porte supérieure, ouvrir le robinet d'équilibre adapté au fond inférieur du sas, c'est-à-dire introduire peu à peu dans le cylindre l'air comprimé du puits. Cet air, échauffé déjà par le fait même de sa compression dans le cylindre soufflant, arrivait dans la fosse avec une température toujours supérieure à celle de l'atmosphère, et s'y échauffait encore au contact des roches, des hommes et des lampes. Le sas à air lui-même se réchauffait donc, pour se refroidir de nouveau quelques heures après, par suite de la même manœuvre. Ces changements de température se reproduisaient d'abord quatre fois par 24 heures, la durée de chaque poste étant de 6 heures. Depuis la reprise du travail les hommes ne passaient plus que 4 heures dans l'avaleresse, c'est donc six fois par 24 heures que la température du cylindre passait d'une limite à l'autre. Les contractions et dilatations successives qui en résultaient ont certainement exercé une influence sensible sur un métal comme la fonte, et ont dû, sinon déterminer à elles seules des fissures, du moins aggraver celles déjà produites par d'autres causes.

3° Si nous supposons une surface cylindrique terminée par des fonds plats et constamment soumise à une pression intérieure, si nous admettons

que les deux fonds plats soient reliés par des tiges rigides AB, CD (*fig.* 5), et dont la substance ne soit pas dilatable, ou le soit beaucoup moins que celle de l'enveloppe, on conçoit que loin de servir à consolider ces deux fonds, les tirants AB, CD, leur feront prendre nécessairement, suivant qu'il y aura augmentation ou diminution de température, une certaine courbure concave ou convexe; si donc il y a successivement échauffement et refroidissement de l'enveloppe, les fonds plats seront alternativement soumis à des mouvements en sens contraire.

Imaginons maintenant que les tiges rigides AB, CD, etc. (*fig.* 6), au lieu d'être intérieures à l'enveloppe soient appliquées extérieurement sur l'un des deux fonds perpendiculairement à sa surface, et arc-boutées aux points B et D contre un obstacle fixe; admettons par suite que les extrémités A, C, etc., soient elles-mêmes absolument fixes, il est clair que tant que la surface de l'enveloppe ne prendra pas de mouvement relatif, les tiges AB, CD, auront pour effet de mettre obstacle à la courbure que le fond plat tend à prendre. Si, par suite d'une diminution de température, l'enveloppe se contracte, le fond plat pourra céder à la pression intérieure et devenir convexe. Si au contraire il y a dilatation de l'enveloppe, les tirants AB, CD, etc., exerceront une pression sur ce fond plat, qui sera déprimé de manière à présenter une concavité. Ces effets seront plus sensibles encore si les tiges AB, CD, etc., peuvent elles-mêmes diminuer ou augmenter de longueur suivant les variations de température, si leurs extrémités A, C, etc., peuvent par conséquent avoir un mouvement propre en sens inverse de celui de l'enveloppe.

Un effet de ce genre s'est nécessairement produit sur le couvercle du cylindre de l'avaleresse la Naville, sous l'influence des étais verticaux serrés sur ce couvercle, toutes les fois que par suite des changements de température de l'atmosphère le sas à air avait un mouvement relatif. Cet effet a dû être surtout sensible lorsqu'après une gelée de plusieurs jours, comme au commencement du mois de novembre et principalement dans les deux journées du 18 et du 19 décembre, qui ont précédé immédiatement celle de l'accident, la température s'est élevée. Nous devons ajouter que les deux journées du 18 et du 19 décembre ont été signalées par un froid très-vif. Dans la soirée du 19 le dégel s'est déclaré, et c'est le 20 que le couvercle du sas à air a éclaté. Il y a entre ces faits un rapport tel, qu'il nous paraît difficile de ne pas voir dans le changement assez brusque et assez considérable qui s'est opéré du 19 au 20 dans la température de l'atmosphère, la cause qui a, pour ainsi dire, donné le dernier coup au fond plat du couvercle déjà fissuré, et l'a rendu susceptible de céder à la pression intérieure. Pendant le froid, en effet, le fond plat a dû prendre, par suite de la contraction du cylindre, une flèche plus grande : en même temps la résistance de la fonte à la rupture se trouvant diminuée, les accidents que présentait déjà ce fond plat se sont aggravés, sa déformation permanente s'est accrue ; lorsqu'ensuite, au moment du dégel, le cylindre s'est dilaté, son couvercle s'est trouvé soumis à un effort vertical dirigé en sens inverse du mouvement qu'il tendait à prendre.

Les causes d'altération que nous venons de signaler dépendent de phénomènes qui ne sont pas susceptibles de produire d'effets brusques, qui

doivent seulement exercer au bout d'un temps plus ou moins long une influence sensible; mais c'est bien dans des phénomènes de cette nature qu'il est nécessaire de chercher l'explication de l'événement arrivé à l'avaleresse la Naville, puisqu'il n'est possible de signaler aucun accident qui, à un instant donné, ait pu déterminer tout d'un coup la rupture du couvercle. Nous pensons donc que la cause déterminante de cette rupture est la pression intérieure agissant sur un fond plat de grand diamètre. Les variations de température et la poussée extérieure exercée de haut en bas sur le fond plat, ne sont que des causes aggravantes. Notre opinion est pleinement confirmée par les faits. Cherchons effectivement quelles directions doivent affecter les lignes de fracture. Si, en effet, le fond plat a éclaté sous l'action de la pression intérieure, l'une de ces fissures, nous l'avons déjà dit, a dû évidemment se former de l'intérieur à l'extérieur, suivant la circonférence du fond plat, soit d'un côté, soit de l'autre de l'arête de raccordement avec l'anneau cylindrique du couvercle, suivant que la fonte était plus ou moins résistante. C'est en effet ce qui est arrivé.

Le fond plat ayant pris une fois une certaine flèche, d'autres fissures ont dû s'y produire. Supposons pour un instant que ce fond plat soit parfaitement homogène; il est clair que, par suite de l'extension nécessaire de sa surface, à mesure que cette surface s'infléchit, les quatre côtés de la porte rectangulaire s'éloignant de leurs positions relatives et tendant à se séparer, des déchirures doivent se déclarer aux quatre angles. Il serait difficile de déterminer d'une manière précise la direction de ces déchirures, mais on peut, à l'aide

des considérations suivantes, se rendre compte des effets produits.

Prenons le fond plat du couvercle tel qu'il est, c'est-à-dire ne présentant en ses différents points ni la même épaisseur, ni la même résistance; la déchirure au point A, commencée suivant la direction AG, pourra très-bien se continuer suivant celle A*b* (*fig.* 7), passant par les sommets des arcs infléchis, tels que *cd*. A l'autre extrémité du côté AB la fissure, au lieu de se produire au point B, pourra commencer à un certain point *e*, si la résistance à ce point *e* est moindre qu'au point B; on concevra que la déchirure intermédiaire partant du point Q laisse, sur une surface gauche telle que celle déterminée par le côté AB et l'arc GMH, une trace courbe Q*fg*. Il se pourra enfin qu'il se produise une fissure au point C, sans qu'il s'en forme également au point D, et cette fissure, commencée au point C suivant une direction telle que CL, pourra se continuer suivant tout autre C*h*, suivant laquelle il existe quelque défaut qui rende la résistance à la rupture moindre. Toutes les déchirures produites auront nécessairement commencé à la surface supérieure du fond plat, et si l'on compare la *fig.* 7 à la *fig.* 3 on se rendra parfaitement compte des directions qu'elles affectent.

Ainsi donc ces directions s'expliquent parfaitement dans l'hypothèse où nous sommes placés. Cette hypothèse reçoit une nouvelle confirmation du fait suivant.

Si la pression intérieure a été capable de faire éclater le fond plat du couvercle supérieur, elle a dû altérer aussi le fond plat inférieur du sas à air; car ce dernier supportait à certains intervalles toute la

pression de l'air renfermé dans l'appareil. Ayant un diamètre moindre et une épaisseur moyenne de 47 millimètres, il offrait plus de résistance que le fond supérieur et se trouvait d'ailleurs soumis à moins de fatigue, cependant il a cédé le premier. Le 26 novembre on a dû arrêter le travail pendant 24 heures pour consolider ce fond inférieur, qui, obéissant aux mêmes actions que le fond plat du couvercle, s'était fissuré (*fig.* 4) suivant deux lignes A'*b*', B'H', qui correspondent tout à fait à celles A*b*, BH (*fig.* 3), du fond supérieur, et semblent presque déterminées par les mêmes plans verticaux. Or, par suite de sa position, le fond inférieur ne subissait pas au même degré les variations de température du cylindre, il ne supportait aucune autre pression que celle de l'air contenu dans l'avaleresse : c'est donc cette pression seule qui l'a fait rompre.

Une dernière vérification est venue à l'appui de notre explication. Si des fissures existaient dans le fond plat du couvercle avant le moment où il a éclaté, ces fissures devaient être oxydées. Il nous a été malheureusement impossible de nous assurer d'une manière satisfaisante de cette circonstance. Nous n'avons été prévenus de l'accident que dans la matinée du lundi 21 (24 heures après cet accident), et en arrivant sur les lieux nous avons trouvé toutes les sections de rupture complétement oxydées. Nous ne pouvons rien conclure de ce fait, car il s'opérait depuis le 19 un dégel accompagné de pluie, et nous avons constaté par une expérience directe que l'oxydation pouvait très-bien résulter de l'action exercée sur les fragments du couvercle depuis leur séparation par l'humidité de l'atmosphère, et celle du sol sur le-

quel ces fragments étaient déposés. Cependant ayant fait casser, pour constater la qualité de la fonte, un morceau du fragment Q*fg*H du couvercle, ce morceau s'est détaché suivant la ligne *nop* (*fig.* 3), et la cassure fraîche nous a montré des traces très-sensibles d'altération occupant la moitié environ de l'épaisseur de la fonte et indiquant une fissure préexistante. Cette fissure, si elle a été produite comme les autres par la pression intérieure, devait marcher de la surface supérieure du fond plat vers la surface inférieure. L'oxydation se trouvait en effet du côté de la face supérieure.

En résumé, et d'après les résultats de cette discussion, nous croyons que la rupture du couvercle est due en principe aux effets de la pression intérieure de l'appareil. Nous admettons que les variations de la température ou une pression extérieure exercée verticalement sur le fond plat et agissant de haut en bas peuvent avoir des causes aggravantes. Nous pensons que toutes les fissures qui se sont déclarées résultent immédiatement des actions qui ont amené la rupture, et ne sont nullement une conséquence des chocs qui ont suivi cette rupture.

Il était difficile d'admettre à priori que les causes auxquelles nous attribuons le déchirement du fond plat, pussent produire un effet aussi prompt et aussi énergique. L'accident arrivé ne peut donc être imputé à aucune imprudence, à aucune négligence. Le travail tout spécial en cours d'exécution à l'avaleresse la Naville, était au contraire suivi avec un soin extrême par M. Charles Mathieu, et c'est un devoir pour nous de rendre justice aux mesures pleines de sollicitude qui

avaient été prises dans l'intérêt de la santé et de la sécurité des mineurs. Aussi concluons-nous, en terminant, que le malheureux événement arrivé aux mines de Douchy ne doit pas donner lieu à des poursuites judiciaires.

Il reste, à l'avaleresse la Naville, 3m,60 à creuser pour atteindre les dièves, et le foncement de cette avaleresse à l'aide de l'air comprimé sera peut-être bientôt repris, malgré l'incertitude dans laquelle on est encore avec ce procédé sur le résultat final : l'isolement complet des niveaux. En ce moment on démonte l'appareil, on retire le tube en tôle descendu dans la fosse, on se dispose à placer des pompes et à essayer d'épuiser avec ces pompes les eaux qui ont fait irruption; mais, bien que les joints horizontaux du cuvelage aient été récemment serrés par un brondissage, il est très-possible qu'on ne parvienne pas encore à vider le puits, et la tentative qui va être faite restera certainement sans résultat si, comme nous l'avons supposé, les terrains dans lesquels on a picoté sont fissurés derrière les trousses, si, par ces fissures, les eaux des différents niveaux traversés sont en communication et peuvent affluer dans l'avaleresse. Il est donc possible qu'on soit obligé d'employer de nouveau l'air comprimé. Nous ne pensons pas que l'accident qui vient d'arriver soit de nature à faire interdire par l'administration ce genre de travail. D'une part, cet accident ne provient que d'un vice dans l'outillage, vice qu'il sera facile de corriger; de l'autre, les ouvriers ont très-bien supporté jusqu'ici les effets de l'air comprimé, surtout pendant la seconde période du travail, celle où l'air avait la plus forte tension. Cela tient à ce que depuis la pose du tube en tôle il y a beaucoup moins

de fuites d'air et à ce que, par suite, la pression dans le puits se maintient plus uniforme.

Nous sommes donc d'avis que rien ne doit mettre obstacle à ce que la compagnie de Douchy soit libre de continuer le creusement de son puits à l'aide de l'air comprimé. Dans le cas où tel serait son projet, l'accident qui vient d'arriver doit servir de point de départ pour prescrire quelques mesures de précaution à observer, et certaines modifications dans les dispositions de l'appareil.

En premier lieu, le sas à air ne devra plus être fermé à sa partie supérieure par un fond plat, son couvercle devra présenter une forme hémisphérique et sera construit soit en tôle, soit en cuivre, de $11^{\text{mill.}},75$ d'épaisseur au moins. Cette épaisseur est calculée pour le diamètre intérieur de $2^{\text{m}},18$ du couvercle et pour une pression totale de 4 atmosphères; elle est les 3/4 de celle exigible pour un générateur de vapeur qui se trouverait dans les mêmes conditions de diamètre et de pression que le couvercle du sas à air.

La compagnie de Douchy devra donc combiner un nouvel appareil dans lequel ces conditions soient remplies, et soumettre ce nouvel appareil à l'approbation de l'autorité administrative.

Lorsque ces dispositions auront été autorisées, cet appareil devra être soumis, comme les chaudières ou cylindres à vapeur, à l'épreuve de la pompe de pression. L'essai en sera fait à une pression double de celle à laquelle il doit fonctionner, et cette dernière sera fixée à 4 atmosphères.

Ces prescriptions sont les seules à faire. Le tube en tôle qui descend dans le puits à une épaisseur de 16 millimètres, il est par conséquent bien susceptible de résister à la pression qu'il doit sup-

porter, pression qui est d'ailleurs diminuée par celle de l'eau agissant extérieurement. Le tuyau en tôle qui conduit l'air du cylindre soufflant au sas, vu son petit diamètre $0^m,24$, et son épaisseur $0^m,005$, ne peut non plus inspirer aucune crainte; il est d'ailleurs pourvu d'un robinet intérieur à l'appareil. En cas de rupture ce robinet permettrait d'arrêter presque immédiatement l'écoulement de l'air comprimé renfermé dans la fosse.

Rapport sur l'explosion précédente; par M. Blavier, ingénieur en chef des mines.

M. Comte s'est, dans l'excellent rapport qu'il a rédigé sur les circonstances de ce sinistre, livré avec soin à la recherche des causes auxquelles il peut être permis de l'attribuer. Dans le système qu'il a développé avec beaucoup de sagacité, la rupture du couvercle serait due à l'effet de la pression intérieure sur la fonte énervée dans sa force d'élasticité et déformée par une pression constante, bien que fort inférieure à la charge nécessaire pour déterminer la rupture, en même temps que cette fonte, par le fait du jeu des températures auxquelles elle avait été soumise, aurait, dans les circonstances où elle se trouvait placée, éprouvé des tiraillements dont la conséquence aurait été le crevassement du couvercle.

Je ne partage pas la manière de voir de M. Comte; et, sans nier que les actions dont il parle n'aient été mises en jeu, je pense qu'elles ont dû se produire dans des limites beaucoup trop circonscrites pour qu'il soit possible de leur attribuer d'aussi grands effets. En effet, quelle a pu être la variation de dilatation maximum que, depuis la reprise du travail, le cylindre en tôle qui

constitue le sas à air, a pu éprouver? Le thermomètre, pendant les mois de novembre et de décembre, est descendu jusqu'à — 10 degrés centigrades; on peut admettre comme température maximum + 10 degrés; ce serait une variation totale de 20 degrés. Or, d'après les expériences de Laplace et de Lavoisier, la dilatation linéaire du fer est de $\frac{122}{10\,000\,000}$ de sa longueur par degré centigrade. C'est donc pour 20 degrés un peu moins de $\frac{1}{4}$ de millimètre pour 1 mètre; et comme le sas a 3^{m},60 de hauteur, cela fait une dilatation totale de moins de 1 millimètre.

Si au lieu de considérer la dilatation absolue du cylindre extérieur de tôle, nous cherchions la dilatation relative, c'est-à-dire l'excès de sa dilatation sur celle du tuyau en fonte reliant les deux bases du sas, nous trouverions un chiffre bien plus petit encore; car la dilatation de la fonte est, par degré, de $\frac{110}{10\,000\,000}$, c'est-à-dire qu'elle ne diffère que de $\frac{1}{10}$ environ de celle du fer.

On peut également faire une très-sérieuse objection à la déformation indiquée comme due à la pression exercée sur le couvercle du dehors au dedans, laquelle aurait énervé la fonte et aurait agi principalement sur tout le pourtour du couvercle, à sa jonction à angle droit avec l'anneau de fonte coulé de toute pièce avec lui. Cette pression a dû être en effet constamment contre-balancée par la poussée extérieure des massifs et des sommiers, exercée au moyen de quatre poussards en bois agissant sur le couvercle en quatre points déterminant un rectangle de 1 mètre sur 1^{m},40 ou 1^{m},50 de côté.

Je pense qu'il y a lieu de rechercher dans un autre ordre de considérations la cause de l'accident arrivé à l'avaleresse la Naville; et je suis très-enclin à la trouver dans le fait d'un mouvement tout

d'une pièce qui se serait produit dans les massifs en maçonnerie supportant les sommiers et la machine à traction directe, mouvement descensionnel vertical, peu considérable sans doute, mais suffisant toutefois pour que la très-grande partie du poids de cette maçonnerie, des sommiers, des ferrures, de la machine enfin, lequel ne peut être évalué à moins de 160.000 kilogrammes, portât sur le couvercle par l'intermédiaire des quatre poussards. Cette surcharge aurait déterminé les fentes du couvercle telles qu'elles ont été figurées et expliquées par M. Comte. Ces fractures une fois produites, la pression de l'air intérieur agissant sur les segments, les aurait détachés de l'anneau auquel ils tenaient et projetés. Cette explication me semble rendre parfaitement compte des faits tels qu'ils se sont produits. Elle était venue d'abord à la pensée de M. Comte qui ne s'y est pas arrêté et a cru trouver ailleurs la cause véritable de l'explosion. Il est bien vrai que la donnée principale de cette explication, un mouvement descensionnel des piliers, n'a pu être constatée; la maçonnerie n'est ni fendillée ni dérangée à l'œil. Mais la maçonnerie est sans doute descendue verticalement, et comme il n'est pas nécessaire que le mouvement descensionnel ait été bien considérable pour que les effets dont je viens de parler se soient produits, ils peuvent dès lors ne pas avoir laissé de trace bien apparente.

Un fait certain c'est que le lit de béton de $0^m,40$ d'épaisseur qui supportait la maçonnerie reposait sur une couche de marne sableuse très-peu solide.

L'accident est arrivé le 20 décembre au moment où, après plusieurs jours d'un froid intense qui avait amené le thermomètre à 8 ou 10 degrés sous 0, le dégel s'était fortement prononcé. Y a-t-il une relation entre cette circonstance et le fait de

l'accident? Je n'oserais l'affirmer. Mais il pourrait bien se faire que des eaux, résultant de la fonte de la neige et de la glace qui entouraient les piliers, se soient infiltrées jusqu'aux fondations de ceux-ci, qu'elles aient détrempé la couche de terre marneuse qui les supporte et que cela ait déterminé l'affaissement vertical, cause probable de l'accident.

Quoi qu'il en soit de l'explication à laquelle il convient de s'arrêter, quant à la fracture du couvercle, je pense, avec M. l'ingénieur Comte, que si ce couvercle avait été en forte tôle il eût résisté.

Il n'est donc pas permis de s'en prendre au procédé de l'air comprimé du malheureux et déplorable accident qui vient d'arriver, pas plus qu'il ne serait juste de condamner l'emploi dans l'industrie des chaudières à vapeur, parce que l'absence des précautions recommandées ou quelque cause imprévue vient parfois déterminer une explosion de chaudière, presque toujours funeste dans ses résultats.

L'on pensait ici avoir une garantie suffisante contre tout accident dans la résistance d'une fonte très-épaisse et de bonne qualité. Les prévisions ont malheureusement été trompées.

Adoptant les conclusions auxquelles est arrivé M. Comte, j'ai, en envoyant à M. le préfet du Nord une expédition du rapport de cet ingénieur, proposé à ce magistrat de prendre un arrêté en vertu duquel, en cas de reprise par la compagnie de Douchy de l'avaleresse de *la Naville* par le procédé de l'air comprimé, cette société devra lui soumettre à l'avance son projet appuyé de plans et dessins explicatifs de son procédé, pour que ce projet soit étudié par les ingénieurs et approuvé par M. le préfet du Nord.

RAPPORT

fait à la commission centrale des machines à vapeur, dans la séance du 3 juillet 1846, concernant une série d'expériences sur les moyens de brûler ou de prévenir la fumée des foyers où l'on brûle de la houille;

Par M. COMBES, ingénieur en chef des mines.

Les expériences dont j'ai à rendre compte dans cette séance, ont été commencées en 1844; elles furent provoquées par une lettre adressée en 1843, par M. le préfet de la Loire, à MM. les ministres de l'agriculture et du commerce, et des travaux publics. M. le préfet exposait les inconvénients résultant, pour les fabriques de rubans de la ville de Saint-Étienne et de ses environs, de la proximité des usines métallurgiques et des machines à vapeur qui produisent une épaisse fumée; les difficultés qu'avaient toujours rencontrées les administrateurs du département de la Loire, pour appliquer les dispositions du décret du 15 octobre 1810, de manière à concilier les intérêts des fabricants de rubans avec les exigences des industries qui consomment de grandes quantités de houille, et l'impossibilité absolue qu'il y avait aujourd'hui de tenir les usines écartées des fabriques de rubans. Il demandait en conséquence que l'administration s'occupât sérieusement de chercher un autre moyen de protéger l'industrie rubanière, et proposait, à cet effet, d'envoyer en Angleterre une personne compétente pour étudier les moyens qui avaient été mis en pratique avec succès dans ce pays depuis quelques années, pour prévenir la fumée. Exposé préliminaire.

La commission, consultée par M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, fut d'avis qu'il n'était pas utile d'autoriser la mission proposée par M. le préfet de la Loire, parce qu'on aurait des renseignements très-précis sur les procédés usités en Angleterre, par la publication des procès-verbaux de l'enquête parlementaire sur les moyens de prévenir la fumée, et que le meilleur moyen d'introduire en France les procédés qui auraient été reconnus efficaces, ou d'arriver à de nouveaux perfectionnements, serait de charger une commission, à laquelle il serait ouvert un crédit suffisant, d'entreprendre des expériences directes faites en grand et sur des fourneaux de mêmes dimensions que ceux qui sont employés dans l'industrie. (Avis de la commission dans ses séances des 4 et 7 août 1843.)

Le 11 janvier 1844, M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics nous transmit les procès-verbaux de l'enquête faite en Angleterre, par la Chambre des communes, sur les moyens de prévenir la fumée.

La commission, dans sa séance du 31 janvier 1844, après avoir entendu l'analyse succincte des principaux faits contenus dans ce volumineux document, proposa à M. le sous-secrétaire d'Etat de lui ouvrir un crédit de 10.000 fr. pour essayer l'application de quelques-uns des procédés indiqués dans l'enquête anglaise à divers foyers de chaudières, et notamment à celui de la chaudière appartenant à l'Etat, qu'on transférait à cette époque des ateliers de M. Saulnier à l'entrepôt des marbres, et pour faire de nouvelles études sur les moyens de brûler la fumée.

La commission demanda, en même temps,

qu'un élève hors de concours ou un aspirant ingénieur des mines fût chargé d'assister les membres de la commission qui seraient chargés de ces travaux.

Ces propositions furent accueillies par M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, qui désigna M. Debette.

Les expériences que la commission m'a chargé de diriger ont été faites sur trois chaudières différentes : une des chaudières de la pompe à feu de Chaillot, la chaudière d'essai appartenant à l'État et établie à l'entrepôt des marbres, une des chaudières de la manufacture royale des tabacs.

Nous nous proposions de rechercher s'il était possible d'empêcher la formation de la fumée, ou du moins d'en diminuer beaucoup la quantité par des dispositions simples, peu coûteuses, et sans avoir recours à aucun appareil mécanique. En même temps que nous poursuivions, à la manufacture royale des tabacs, les essais de procédés de ce genre, qui avaient donné de bons résultats dans leur application au fourneau de l'entrepôt des marbres, nous avons suivi les expériences faites, par l'administration des tabacs, sur la grille mécanique patentée de Juckes, qui était appliquée à l'une des chaudières de cet établissement.

J'ai soumis à la commission, dans sa séance du 1er août 1845, un rapport détaillé sur les expériences faites à l'entrepôt des marbres.

Je me bornerai à rappeler ici les dimensions du fourneau et de la chaudière, et les principaux résultats observés. Je rendrai compte ensuite des essais qui avaient été faits antérieurement sur la chaudière de Chaillot; je terminerai par les expé-

riences faites en dernier lieu à la manufacture royale des tabacs.

Fourneau de l'entrepôt des marbres (Pl. IV).

La superficie de la grille du fourneau de l'entrepôt des marbres est de $0^{m. car.},6525$, la somme des vides entre les barreaux de $0^{m. car.},162$. La cheminée, en briques, de 20 mètres de hauteur, et de forme conique intérieurement et extérieurement, a, à son orifice supérieur, un diamètre de $0^{m},50$, ce qui donne aux produits gazeux de la combustion un débouché de $0^{m. car.},196$. La chaudière, à 2 bouilleurs, essayée et timbrée pour une pression de 8 atmosphères, a une surface de chauffe de 15 mètres carrés.

On ménagea, dans la partie du massif de maçonnerie du fourneau comprise entre la grille et la cheminée, au-dessous des bouilleurs de la chaudière, un vide intérieur ou chambre à air qui fut recouverte par des plaques de fonte percées de trous. Cette chambre communiquait avec l'air extérieur par un tuyau en fonte de $0^{m},16$ de diamètre (voyez les *fig.* 2 et 3, *Pl. IV*). Ces dispositions, empruntées aux procès-verbaux de l'enquête anglaise, avaient pour but de disséminer l'air dans le courant chargé de fumée.

Afin d'apprécier le degré d'influence qu'exerçait la diffusion de l'air introduit par un grand nombre de trous, et obtenir un terme de comparaison avec un mode d'introduction plus simple, deux conduits (*fig.* 2, 4, 5 et 6) furent ménagés dans l'épaisseur de la maçonnerie, un de chaque côté de la grille; ils s'ouvraient sur le devant du fourneau, à droite et à gauche des portes du foyer, et débouchaient, au delà de l'autel, à 195 millimètres au-dessus du ni-

veau de la grille; l'entrée de chacun de ces ouvreaux, à l'avant du fourneau, était un rectangle de 130 millimètres de base, sur 110 de hauteur; le débouché derrière la grille était un rectangle de 195 millimètres de hauteur, sur 65 millimètres de base horizontale. L'air pénétrant par ces conduits jaillissait ainsi en lames minces des deux côtés opposés du fourneau, dans une direction perpendiculaire au courant des produits gazeux de la combustion. L'aire du débouché de chacun des conduits est de $19,5 \times 6,5 = 127$ centimètres carrés, et l'aire des deux ensemble 254 centimètres carrés; c'est un peu moins que le sixième de la somme des vides existants entre les barreaux de la grille. Ces conduits pouvaient être fermés à volonté par des briques munies de poignées en fer.

En poussant la combustion très-activement, l'on a brûlé sur la grille jusqu'à $92^{k},7$ de houille par heure; en conduisant le feu activement, comme on le fait sous la plupart des chaudières à vapeur usitées, on brûlait de 68 à 76 kilogrammes de houille à l'heure; en conduisant la combustion très-lentement, on ne brûlait que 42 à 45 kilogrammes de houille par heure. Ainsi lorsque la combustion était poussée le plus activement possible, la quantité de combustible brûlée par heure était de $1^{k},42$ par décimètre carré de surface totale de la grille, de $5^{k},74$ par décimètre carré de vide compris entre les barreaux, et de $4^{k},74$ par décimètre carré de l'aire de l'orifice supérieur de la cheminée.

Dans la combustion la plus lente, la quantité de combustible brûlé était un peu au-dessous de la moitié de la quantité précédente; la consommation était par heure :

De $0^k,66$ par décimètre carré de la surface de la grille,
$1^k,66$ par décimètre carré de vide compris entre les barreaux,
$2^k,19$ par décimètre carré de l'orifice supérieur de la cheminée.

On chargeait généralement à la fois sur la grille deux pelletées de houille, dont chacune pesait $6^k,46$ en moyenne; l'intervalle entre deux charges consécutives était de 12 à 14 minutes pour une combustion vive, et de 22 à 25 minutes pour une combustion lente.

Nos premiers essais nous montrèrent que l'action de l'air introduit par les ouvreaux ménagés des deux côtés de la grille, était au moins aussi efficace, pour brûler la fumée, que celle de l'air introduit par les trous des plaques de fonte. En conséquence, dans les expériences ultérieures, l'air fut toujours introduit par les ouvreaux, et le tuyau, mettant la chambre à air en communication avec l'atmosphère, fut tenu constamment fermé.

Lorsque les ouvreaux adducteurs de l'air étaient fermés, la cheminée émettait une fumée noire et épaisse immédiatement après la charge, et après le ringardage. La fumée s'éclaircissait graduellement, à mesure que la houille était brûlée ou transformée en coke, et finissait par devenir nulle. La moyenne des observations a donné les résultats suivants : lors d'une combustion vive on avait dans 1 heure, 18 minutes 1/2 de fumée épaisse, 14 minutes 1/2 de fumée légère, 27 minutes sans fumée apparente.

Si l'on ouvrait les carneaux adducteurs de l'air au moment où la fumée était la plus noire, on voyait, par le regard ménagé à la partie posté-

rieure du fourneau, les particules charbonneuses qui chargeaient le courant de gaz et le rendaient entièrement opaque, s'enflammer immédiatement par le mélange de l'air atmosphérique, de sorte qu'une flamme longue et brillante succédait brusquemment à l'obscurité. La cheminée, une fois purgée de la fumée dont elle s'était remplie pendant que les carneaux étaient fermés, n'émettait plus qu'une fumée légère.

Les essais faits sur les gaz recueillis dans le carneau supérieur du foyer, et soumis, dans une cloche graduée placée sur un bain de mercure, à l'action successive de la potasse caustique pour absorber le gaz acide carbonique, et du phosphore pour absorber l'oxygène, ont montré qu'au moment où la fumée était noire et opaque, les ouvreaux étant fermés, le courant contenait de 10 à 12 2/3 p. o/o de son volume de gaz acide carbonique, et de 6,4 à 8,05 p. o/o de son volume d'oxygène : le reste était de l'azote ne renfermant aucun gaz combustible, ou n'en renfermant au moins que des quantités très-petites et tout à fait négligeables.

Lorsque la fumée était légère, les ouvreaux étant toujours fermés, la proportion d'acide carbonique dans le courant était réduite à 7 ou 9 p. o/o en volume, et l'oxygène libre s'y trouvait à peu près dans la proportion de 10 p. o/o.

Enfin, lorsque la fumée est nulle, le courant contient 6 p. o/o de son volume seulement d'acide carbonique, et jusqu'à 12 ou 13 p. o/o d'oxygène.

Lorsque les ouvreaux sont constamment ouverts, la fumée émise par la cheminée n'est jamais épaisse; aussitôt après la charge il y a émission de fumée jaunâtre et transparente; les gaz recueillis

alors contiennent de 6 1/2 à 8 1/4 p. 0/0 en volnme d'acide carbonique, et de 9 à 9,8 p. 0/0 d'oxygène. Lorsque la fumée a tout à fait disparu, les ouvreaux étant toujours ouverts, on n'a jamais trouvé moins de 5 1/3 p. 0/0 d'acide carbonique, ni plus de 13,57 p. 0/0 d'oxygène, dans le courant gazeux.

Le volume d'air introduit par les ouvreaux, apprécié au moyen de l'anémomètre à ailettes, a été trouvé égal à $11^{m.cub.}$ 1/3 environ.

Cet air devait jaillir dans le courant de gaz avec une vitesse de 8 mètres par seconde environ.

Le volume d'air entrant par le cendrier et traversant la grille était très-variable. Immédiatement après qu'on venait de charger du combustible frais sur la grille, ce volume était de $5^{m.cub.}$ 1/3 par minute environ; il croissait graduellement à mesure que la houille était brûlée ou convertie en coke, de sorte qu'à la fin de l'intervalle qui séparait deux charges consécutives de combustible sur la grille, il s'élevait à $17^{m.cub.}$ 2/3 par minute.

La quantité d'eau évaporée par kilogramme de houille brûlée, dans le cours des essais faits à l'entrepôt des marbres, a varié entre 4^k,874 et 5^k,371. Les limites précédentes correspondent l'une et l'autre à une combustion lente. La limite inférieure a été obtenue en laissant les ouvreaux adducteurs de l'air constamment ouverts; la limite supérieure a été obtenue en laissant au contraire ces ouvreaux constamment fermés, et en rétrécissant par des portes en tôle l'ouverture du cendrier. Le fourneau produisait dans l'un et l'autre cas très-peu de fumée.

Les quantités d'eau évaporées par kilogramme de houille, la combustion étant poussée active-

ment, ont varié depuis 5 kilogrammes jusqu'à 5k,30, nombres compris entre les limites précédentes. Il n'y a pas eu de différence considérable entre les quantités d'eau vaporisées par la combustion d'une même quantité de houille, suivant que les ouvreaux adducteurs de l'air étaient tenus ouverts ou fermés, bien que dans le premier cas la quantité d'air introduite fût beaucoup plus considérable. Il devait donc s'opérer une compensation entre la chaleur développée par la combustion de la fumée, et la déperdition de chaleur occasionnée par l'écoulement d'une plus grande quantité de gaz échauffé.

Les faits que je viens de rappeler sont déjà contenus dans le rapport lu à la commission dans sa séance du 1er août 1845, et transmis à M. le sous-secrétaire d'Etat. Les observations détaillées sont résumées en plusieurs tableaux dressés par M. Debette, que je remets de nouveau sous les yeux de la commission, ainsi que les plans de l'installation de la chaudière à l'entrepôt des marbres, *Pl. IV*, *fig.* 1 à 7.

(Suivent les tableaux.)

Observations faites sur la chaudière d'essai de l'entrepôt des marbr

(TABLEAUX N° 1.) Observations de fumée émise par la cheminée.

LES OUVREAUX ÉTANT FERMÉS. HOUILLE. LES OUVREAUX ÉTANT FERMÉS (suit

FUMÉE noire opaque	FUMÉE légère jaunâtre.	FUMÉE nulle.	ÉPOQUE du chargem. sur la grille et nombre de pelletées qui compose ce chargem.	OBSERVATIONS.
minut.	minut.	minut.		
»	3	»		21 juin. — Feu vif.—Tension de la vapeur : 4 atm. —Vaporisé 22 kil. d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
5	2	1		
»	» 1/2	»		
1 1/2	1	1		
»	2	1		
»	» 1/2	»		
3 1/2	1	2		
1	1	1		
8	3	»		
2	2	2		
3	8	7		
5	3	5		
2	5	1		
»	2	6		
2	5	4		
»	3	6		
33	42	36		
»	2	»		21 juin. — Tension de la vapeur : 4 at. —Vaporisé 21 kil. d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
2	1	3		
3	2	6		
»	1	»		
2	1	7 1/2		
»	» 1/2	»		
5 1/2	1	»		
4	1	»		
2 1/2	» 1/2	7		
»	1	»		
5	1	1		
»	1	»		
1	» 1/2	6		
25	13 1/2	30 1/2		
»	»	3		23 juin. — Feu comme le 21. —Tension de la vapeur : 4at.,3. — 1re partie de la journée. — Vaporisé 31 k. d'eau par mètre carré de surface de chauffe.
4	»	8		
»	2	»		
1	»	2		
»	2	»		
3	1	»		
2	»	2		
3	1	»		
1	»	11		
»	5	3		
5	1	»		
7	2	1		
3	1	6		
3	1	2		
4	2	5		
3	2	9		
1	»	3		
»	9	»		
»	2	»		
40	31	55		

FUMÉE noire opaque	FUMÉE légère jaunâtre.	FUMÉE nulle.	ÉPOQUE du chargem. sur la grille et nombre de pelletées qui compose ce chargem.	OBSERVA-TIONS.
minut.	minut.	minut.		
3	2	12		23 juin. — Feu com[me] le 21. — 2e part[ie] de la journée — On a [...] dans cette [pé]riode [...] les écarts [...] de la jour[née]
3	4	»		
8	»	12		
»	1	»		
1	»	4		
5	»	1		
»	6	»		
2	»	2		
1	»	8		
»	3	10		
4	»	6		
4	»	6		
»	2	»		
3	2	7		
1	2	»		
30	22	68		
3	»	4		
3	1	4	3 pelletées.	
»	»	4		
1	»	1	2	
»	»	1		
2	1	1	2	
»	»	8		
4	»	1		
1 1/2	» 1/2	2	3	
»	»	6		
2	1	2 1/2		
2 1/2	2	»		
1	» 1/2	1 1/2	2	24 j[uin] — Feu vif. [Ten]sion d[e la] chaudi[ère] atm., 1. — Vapori[sé] d'eau [par] heure [par] mètre [carré] de sur[face de] chauf[fe].
»	»	» 1/2		
2 1/4	» 1/2	»		
» 3/4	» 1/2	»		
1 1/2	» 1/2	5	2	
»	1	»		
4	1 1/2	3 1/2		
1	» 1/2	8	4	
»	»	2		
»	1	»		
3	» 1/2	»		
2 1/2	1	3	2	
»	»	1		
»	» 1/2	»		
1 1/2	1	2		
1	»	3	2	
»	»	1		
» 1/2	» 1/2	»		
3	1	3		
1 1/2	» 1/2	1		
3	1	6	2	
»	»	2		
2 1/2	» 1/2	4 1/2		
» 1/2	» 1/2	» 1/2	2	
48 1/2	18 1/2	77	26	à re[...]

Les fourneaux fermés (suite).

Fumée noire opaque	Fumée légère jaunâtre	Fumée nulle	Époque du chargem. sur la grille et nombre de pelletées qui compos. ce chargem.	Observations.
minut.	minut.	minut.		
46 1/2	18 1/2	77	26 pelletées	—Report.
»	»	2		
4 1/2	» 1/2	6	3	
»	»	3		
2 1/2	1 1/2	5 1/2		
1	» 1/2	6	3	
»	»	3		La pelletée de houille, d'après la moyenne de plusieurs jours de travail, cubait 1/18 d'hectolitre exactement et pesait [illegible] k.,46.
1	» 1/2	»		
4	» 1/2	»		
4	» 1/2	2 1/2	2	
[illegible]	»	2		
3	1	6	1	
»	»	2		
1	»	4 1/2	2	
»	»	1 1/2		
»	1 1/2	»		
1	» 1/2	6 1/2		
»	»	1	3	
» 1/2	» 1/2	»		
1	7 1/2	»		
[illegible]	33 1/2	128 1/2	40	
»	1	1	3 pelletées	
»	»	1		
»	3	»		
2	» 1/2	11 1/2	3	
[illegible]	»	2		
»	3	7	2	
»	»	1		
3	2	2	2	
»	»	2		24 juin (soir). — Feu conduit comme le matin.
»	» 1/2	»		
2 1/2	» 1/2	» 1/2		
»	2	2	2	
»	»	1		
[illegible]	1	5	2	
»	»	1		
4 1/2	» 1/2	10	4	
»	»	1 1/2		
1 1/2	1	5	3	
»	»	2		
[illegible]	6	»		
[illegible] 1/2	21	55 1/2	20	
[illegible]	»	7 1/2		25 juin (matin). — Feu lent. — Pression 4 at. 2/10. — Vaporisé 14 k. d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
[illegible]	» 1/2	»		
[illegible] 1/2	» 1/2	» 1/2	3 pelletées	
[illegible]	»	3		
[illegible]	2 1/2	10		
[illegible]	3	»		
[illegible]	12	»	2	
[illegible] 1/2	18 1/2	21	4	

Les fourneaux fermés (suite).

Fumée noire opaque	Fumée légère jaunâtre	Fumée nulle	Époque du chargem. sur la grille et nombre de pelletées qui compos. ce chargem.	Observations.
minut.	minut.	minut.		
»	1	»		
1	3	16	2 pelletées	
»	2	»		
1	4	18	2	
»	»	2		
»	12	2		
»	3	7	2	
»	»	6		
»	4	6		
1	8	33	2	25 juin (soir). — Feu conduit comme le matin.
»	»	2		
»	1 1/2	»		
» 1/2	1 1/2	8 1/2		
»	3	4		
»	2	»		
1	2	» 1/2		
»	8 1/2	7	2	
»	»	2		
»	1	18		
»	»	2		
2	1	11		
2	2	14	2	
»	»	2		
»	3	»		
1	1	»		
9 1/2	58 1/2	161	12	

RÉSUMÉ.

Fumée noire opaque	Fumée légère jaunâtre	Fumée nulle	Date de l'observation.	Observations.
minut.	minut.	minut.		
33	42	36	21 juin.	Feu vif. — Vaporisé en moyenne 25 à 30 k. d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
25	13 1/2	30 1/2	id.	
40	31	55	23 juin.	
30	22	68	id.	
69	33 1/2	128 1/2	24 juin.	
22 1/2	21	55 1/2	id.	
219′ 1/2	163′	273′ 1/2	Total.	
30′,4	24′,8	44′,8	Moyenne pour 100.	
18′ 1/2	14′ 1/2	27	Moyenne pr 60′ ou 1 hre.	
1′ 1/2	18′ 1/2	21	25 juin.	Feu lent. — Vaporisé environ 14 kil. d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
9′ 1/2	58′ 1/2	161	id.	
11′	77′	182′	Total.	
4′	17′,4	78′,6	Moyenne pour 100.	
2′ 1/2	10′ 1/2	47′	Moyenne pr 60′ ou 1 hre.	

(Tableau n° 2.) Observations de fumée émise par la cheminée.

HOUILLE.

Les ouvreaux sont a demi ouverts.

Fumée noire opaque	Fumée légère jaunâtre.	Fumée nulle.	Époque du chargem sur la grille et nombre de pelletées qui compos. ce chargem.	Observations.
minut.	minut.	minut.		
»	»	1	2 pelletées	(1)
»	2	3	2	
»	»	1		
»	5	3		
»	1	2	2	
»	»	1		
»	6	2	2	
»	»	1		
»	5	3		
»	3	»	2	
»	4	3		
»	2	»	2	
»	1	11	2	
»	5	5	2	
»	6	5	2	
»	3	2		
»	3	8		
»	3	3		27 juin.
»	2	»	4	
»	1	3		—
»	1	6		
»	4	2	2	Feu vif.
»	»	3		
»	2	1		—
»	2	5		
»	1	3	2	Pression de la vapeur dans la chaudière : 4 atm.
»	»	1		
»	4	6		
»	1	3	2	
»	»	2		—
»	2	5	·2	Vaporisé 24 k. d'eau par h^re et par mètre carré de surface de chauffe.
»	»	1		
»	4	3	2	
»	3	12	4	
»	2	1		
»	5	10	2	
»	»	2		
»	5	4	2	
1	3	9	3	
»	»	2		
»	6	5	2	
»	5	8	2	
»	»	2		
»	3	4	2	
»	»	1		
»	2	2	2	
»	»	3		
»	2	3	2	
»	2	3		
»	2	5	2	
»	2	2		
»	2	8	2	
»	1	3		
»	4	4	2	
»	»	2		
»	6	9		
1′	128′	201′	59 pelletées	

Fumée noire opaque	Fumée légère jaunâtre.	Fumée nulle.	Époque du chargem. sur la grille et nombre de pelletées qui compos. ce chargem.	Observations.
minut.	minut.	minut.		
»	8	»		
2	1	4		15 juillet.
1	2	3		—
»	2	6		Feu vif.
1	1	9		—
»	3	7		Vaporise 23,[illegible] d'eau par h[illegible] et par mèt[illegible] carré de su[illegible] de chauffe.
2	4	6		
»	4	1		
»	2	1		
»	5	4		
»	4	10		
6	36	56		

RÉSUMÉ.

Fumée noire opaque	Fumée légère jaunâtre.	Fumée nulle.	Date de l'observation.	Observations.
minut.	minut.	minut.		
1	128	201	27 juin.	
6	36	56	15 juillet.	
7′	164′	257′	Total.	
1′,7	38′,3	60′	Moyenne pour 100.	
1′	23′	36′	Moyenne p^r 60′ ou 1 h^re.	

(1) La pelletée de houille, d'après [illegible] moyenne de plusieurs jours de travail, cu[illegible] exactement 1/13 d'hectolitre et pesait 6k,46.

(Tableau n° 3.) Observations de fumée émise par la cheminée.

HOUILLE.

Ouvreaux constamment ouverts en plein.

Fumée noire opaque	Fumée légère jaunâtre.	Fumée nulle.	Époque du chargem. sur la grille et nombre de pelletées qui compos. ce chargem.	Observations.
minut.	minut.	minut.		26 juin. — Feu vif. — Pression de la vapeur dans la chaudière : 4 atm. — Vaporisé 24 k. d'eau par h^re et par mètre carré de surf. de chauffe. — Les 6 dernières pelletées, constituant les 3 dernières charges, étaient formées des escarbilles produites dans le courant de la journée.
1	1	»		
2	1	8	2 pelletées	
»	»	7		
»	2	2	2	
1	1	3	3	
»	4	6		
»	2	1	2	
»	»	[illegible]		
»	2	[illegible]	2	
»	2	11	2	
»	9	12	4	
»	»	1		
»	9	5	3	
»	3	3		
»	3	1	2	
»	1	7	2	
»	2	15	2	
»	2	8	2	
»	5	6	2	
»	6	2		
»	2	11	3	
»	»	1		
»	1	1		
»	3	5		
»	3	»	4	
»	3	8	2	
»	5	10		
»	7	1		
»	3	»	2	
»	»	2		
»	4	7		
»	2	»	2	
»	3	7	2	
»	8	1	2	
»	2	1		
»	4	5	2	
»	5	4		
»	2	7	2	
»	»	15	2	
»	3	4	2	
»	»	15		
4'	115'	209'	55 pelletées	
1',2	35'	63',8	Moyenne pour 100.	
3/4	21'	38'1/4	Moyenne p^r 60' ou 1 h^re.	

Fumée noire opaque	Fumée légère jaunâtre.	Fumée nulle.	Époque du chargem. sur la grille et nombre de pelletées qui compos. ce chargem.	Observations.
minut.	minut.	minut.		12 juillet. — Feu assez lent. — Vaporisé 15 k. 1/2 d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
»	5	5		
»	3	5		
»	6	10		
»	6	2		
»	13	2		
»	2	7		
»	3	2		
1	1	4		
1	1	10		
»	4	5		
»	2	5		
»	3	2		
»	3	11		
2'	52'	70'	Total.	
1',6	42'	56',4	Moyenne pour 100.	
1'	25'	34'	Moyenne p^r 60' ou 1 h^re.	

L'effet produit est sensiblement le même que si les ouvreaux étaient entièrement fermés. *Voir* le tableau n° 1.

(Tableau n° 4.) Expériences sur la quantité d'eau vaporisée par kil. de houille. — *L'hectolitre de houille, ras, pèse 85 kil.*

Position des ouvreaux.	Date de l'expérience.	Durée de l'expérience.	Tension de la vapeur dans la chaudière. — atmosp.	Quantités totales			Quantité d'eau vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe. — kilogram.	Quantité de houille brûlée sur la grille par heure.		Quantité d'eau vaporisée par kil. de houille brûlée sur la grille. — kilogram.	Observations.
				d'eau vaporisée. — hectolit.	de houille consommée. — hectolit.	d'eau vaporisée par heure. — hectolit.		hectolit.	kilogr.		
Ouvreaux entièrement fermés.	21 juin.	hre ' 5	4,0	15,70	4,00	3,140	21	0,800	68,00	4,618	Le fourneau n'est pas encore échauffé.
	23 juin.	5,30	4,3	25,60	6,00	4,636	31	1,091	92,70	5,030	
	24 juin.	5,30	4,1	22,60	5,00	4,109	28	0,909	77,30	5,318	
	25 juin.	5	4,2	10,75	2,50	2,150	14	0,500	42,50	5,060	
	10 juillet.	»	4,0	15,70	3,50	»	feu lent.	»	»	5,271	Porte au cendrier.
Ouvreaux constamment à demi ouv.	27 juin.	5,20	4,0	19,30	4,50	3,625	24	0,844	71,70	5,125	
	15 juillet.	5,30	4,0	17,20	4,00	3,822	25 1/2	0,889	75,50	5,050	
Ouvreaux constamment ouverts en plein.	26 juin.	5,20	4,0	19,75	4,50	3,591	24	0,818	69,50	5,163	
	5 juillet.	4,30	4,0	17,20	4,00	3,822	25 1/2	0,889	75,60	5,056	
	12 juillet.	6,10	4,0	14,50	3,50	3,352	feu lent 15 1/2	0,568	48,30	4,874	Mis une porte au cendrier, ce qui réduit de moitié l'ouverture par laquelle l'air peut affluer sous la grille.
	16 juillet.	»	4,0	12,20	2,60	»	feu vif.	»	»	4,784	
	17 juillet.	»	4,0	12,50	3,00	»	id.	»	»	4,902	

Dans chaque expérience on partait d'un niveau déterminé dans la chaudière qu'on maintenait aussi constant que possible et exactement le même au commencement et à la fin de l'expérience; et on ne commençait à noter le charbon et l'eau qu'après être monté en vapeur et avoir nettoyé la grille; on s'arrêtait de même sous pression; on pouvait ainsi obtenir une grande exactitude, même en opérant sur de faibles quantités de combustible.

La porte du cendrier est peut-être avantageuse pour l'économie du combustible (12 juillet) lorsque le feu est très-lent ??? (le résultat obtenu le 12 juillet est cependant en sens contraire). Elle augmente la chaleur sous la grille et paraît donner lieu à une plus grande dépense de combustible, dans le cas d'un feu actif (16 et 17 juillet).

… des gaz aspirés dans le second carneau, en absorbant successivement sur le mercure l'acide carbonique par la potasse, et l'oxygène par le phosphore. — Pour 100 parties en volume de gaz sec.

Numéros des essais.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Acide carbonique. . .	11,110	10,000	12,750	12,60	7,830	6,880	9,910	4,430	5,830	5,920	7,140	6,890
Oxygène. . .	7,660	6,430	8,054	8,00	8,220	9,90	10,529	12,857	11,867	11,852	12,345	10,840
Résidu presque entièrement composé d'azote	81,800	82,571	79,196	80,00	84,250	81,380	80,261	82,713	82,503	82,238	80,515	82,670
Air non brûlé calculé d'après le volume de l'oxygène.	36,60	30,60	38,30	38,40	39,10	49,10	50,10	61,20	55,90	56,40	58,30	52,90

Numéros des essais.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Acide carbonique. . .	8,420	7,400	8,510	7,580	6,860	6,730	5,270	7,550	6,360	6,430	6,050	5,690	5,170
Oxygène. . .	10,530	9,495	9,220	8,970	9,836	9,700	8,965	10,064	11,390	13,571	13,523	12,676	13,790
Résidu presque entièrement composé d'azote	81,050	83,105	82,270	83,44	83,604	83,530	85,765	82,386	82,35	79,990	80,267	78,674	81,04
Air non brûlé calculé d'après le volume de l'oxygène.	50,10	48,20	43,90	43,70	36,85	46,20	42,70	48,80	52,80	64,60	63,90	60,30	65,70

Numéros des essais.	Ouvreaux fermés.	Dates des essais.
1	Gaz aspiré immédiatement après la charge : le fourn. fume beaucoup.	23 juin
2	id. id.	14 juillet
3	Gaz aspiré immédiatement après le ringardage id.	19 juillet
4	id. id.	id.
5	Gaz aspiré immédiatement après la charge, fumée brune.	25 juin
6	Gaz aspiré immédiatement après le ringardage, sans fumée.	17 juillet
7	id. id.	id.
8	Gaz aspiré immédiatement av. la charge, s. fum., grille très-dégarn.	19 juillet
9	Gaz aspiré sans fumée, le fourneau est chargé avec de la houille.	25 juin
10	Gaz aspiré sans fumée, le fourneau est chargé avec des escarbilles.	id.
11		

Numéros des essais.	Ouvreaux à demi ouverts.	Dates des essais.
12	Gaz pris imm. après la charge, fumée légère.	27 juin
13	id. id. id.	id.
14	id. id. id.	15 juillet
15	id. id. id.	id.
16	Gaz aspiré quatre minutes environ après la charge, aussitôt que la fumée a disparu.	27 juin

Numéros des essais.	Ouvreaux entièrement ouverts.	Dates des essais.
17	Gaz aspiré imm. après la charge, fum. légère.	5 juillet
18	id. id. id.	id.
19	id. id. id.	7 juillet
20	id. id. id.	15 juillet
21	id. avant la charge, sans fumée.	16 juillet
22	id. id. id.	id.
23	id. id. id.	id.
24	id. id. id.	17 juillet
25	id. avant le ringardage id.	5 juillet

Les essais 5, 9 et 10 se rapportent à une vaporisation lente de 1 à 15 kil. d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
Les autres essais se rapportent à une vaporisation active de 25 à 30 kil. id. id. id.

Tableau n° 6. — Houille.

Analyses complètes *des gaz du fourneau faites, suivant les procédés de M.* Ebelmen, pa[r] *M.* Debette. — Le gaz a constamment été desséché en traversant, avant d'arriver au gazomètre, un tube à chlorure de calcium et un tube en U rempli de ponce imbibée d'acide sulfurique à 66°.

Numéros des analyses.	1	2	3	4	5	6	7	OBSERVATIONS.
Acide carbonique.	8,49	12,97	11,54	10,86	7,72	8,61	7,73	Le vol. du gaz lu sur le gazomètre étant trop faible du vol. des tubes, en siphon d'arrivée et de sortie du gaz, il s'ensuit que l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'hydrogène et l'oxygène sont dosés un peu trop haut et que le dosage de l'azote par différ. donne un nombre trop faible de 1 à 2 p. 0/0, comme le montre la d^re colonne.
Oxyde de carbone.	2,70	0,75	1,21	»	0,05	0,47	0,01	
Oxygène.	7,51	6,30	7,72	11,48	10,76	13,80	14,27	
Hydrogène.	»	0,58	0.58	0,33	0,02	1,14	1,63	
Azote (par différ.).	81,30	79,40	78,95	77,33	81,45	75,98	76,36	
Total.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Azote dosé directement (vérificat.).	82,00	81,00	80,00	79,00	82,00	77,00	78,00	

On peut mettre ces analyses sous la forme suivante:

Numéros des analyses.	1	2	3	4	5	6	7
Gaz combustibles (hydrogène et oxyde de carbone)	2,70	1,33	1,79	0,33	0,07	1,61	1,6[illegible]
Air non brûlé	36,19	30,00	36,76	54,67	51,24	66,71	67,9[illegible]
Gaz inertes (acide carbonique et azote en excès)	61,11	68,67	61,45	45,00	48,69	31,38	30,4[illegible]
Total.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0[illegible]

Numéros des essais.	Dates des essais.	Position des ouvreaux.	Moment de l'aspiration de gaz.	Observations.	
1	14 juillet	fermés	imméd. ap. la charge	Le fourneau fume.	Feu vif correspo[ndant] à une vapori[sation] de 25 kil. d'eau par heure par mètre car[ré] de surface de chauffe.
2	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*	
3	19 juillet	*id.*	après le fourgonnage	*id.*	
4	17 juillet	*id.*	*id.*	Le f. ne fume plus.	
5	15 juillet	à demi ouverts	imméd. ap. la charge	Fumée très-légère.	
6	5 juillet	entièr. ouverts	*id.*	*id.*	
7	16 juillet	*id.*	*id.*	*id.*	

Données des analyses ci-dessus :

Numéros des analyses.	1	2	3	4	5	6	7
	cent.^{3}	cent.^{3}	c.^{3}	c.^{3}	c.^{3}	c.^{3}	
Gaz pour l'analyse.	1520	1630	1640	1640	1660	1640	15[illegible]
Baromètre.	0m,752	0m,753	0m,756	0m,756	0m,753	0m,758	0m,7[illegible]
Thermomètre	19°	23°	27°	21°	19°	27°	17°,[illegible]
Gaz ramené à 0° et 0m,760.	1404c.^{3}	1487c.^{3}	1483c.^{3}	1515c.^{3}	1537c.^{3}	1487c.^{3}	14[illegible]
Acide carbonique.	0g,236	0g,381	0g,337	0g,326	0g,234	0g,253	0g[illegible]
Produits de la combustion : Eau.	0g,000	0g,007	0g,007	0g,004	0g,002	0g,014	0g,[illegible]
Acide carbon.	0g,075	0g,022	0g,035	0g,000	0g,013	0g,014	0g,[illegible]
Oxygène	—0g,123	—0g,120	—0g,145	—0g,245	—0g,230	—0g,277	—0g,[illegible]

Le signe — indique une augmentation dans le poids du tube à combustion.

Le dosage direct de l'azote s'est fait par la formule $A = \frac{v\,(H - h)}{VH}$, dans laquelle A est la propo[rtion] pour 100 d'azote; v, le volume de l'eau écoulée de l'aspirateur pendant un certain temps; V, le volu[me du] gaz sorti dans le même temps du gazomètre à mercure; H, la pression barométrique du lieu et de l'i[nstant] de l'analyse; et enfin h, la différence de niveau entre l'extrémité du tube d'écoulement et le niveau d[...]

dans l'aspirateur, réduite en millimètres de mercure et augmentée de la tension maximum de la vapeur d'eau à la température que possède l'eau qui s'écoule de l'aspirateur.

Le tube à combustion était rempli aux 3/4 de tournure de cuivre, grillée, puis réduite dans un courant d'hydrogène à l'état métallique.

Tableau n° 7. — Tourbe (1).

(1) Cette tourbe nous a été remise par M. Garnier, inspecteur général des mines. Elle est moulée, très-compacte, très-belle et bien sèche.

Les 100 briquettes pèsent. . . 31 kilog.
L'hectolitre ras. . . . . 34 —

On a constamment livré la tourbe au chauffeur après l'avoir pesée. Cette tourbe brûle bien, avec une longue flamme qui pénètre, après la charge, jusqu'au milieu du premier carneau de retour, ce qui n'a pas lieu avec la houille ; elle ne produit aucune fumée quelle que soit l'allure du feu. Elle donne plus de mâchefer que la houille, mais ce mâchefer n'est pas collant, est très-poreux et, par suite, très-facile à enlever, ce qu'il faut faire à chaque charge avant de mettre de nouveau du combustible sur la grille.

Comme il n'y avait pas de fumée lors du chargement et qu'à cette époque la sole du four demeurait d'un rouge clair avec les ouvreaux fermés, c'est-à-dire dans les circonstances habituelles d'un fourneau ordinaire, il n'a été fait aucun essai avec les appareils fumivores.

Voici quelles ont été les expériences faites dans le but de déterminer la quantité d'eau vaporisée :

DURÉE de l'expérience. — heures.	TENSION de la vapeur dans la chaudière	QUANTITÉS TOTALES d'eau vaporisée en kilog.	de tourbe brûlée en kilog.	d'eau vaporisée par heure en kilog.	QUANTITÉ d'eau vaporisée par heure et par mèt. carré de surface de chauffe en kilog.	TOURBE brûlée sur la grille par heure en kil.	QUANTITÉ d'eau vaporisée par kil. de tourbe brûlée en kil.	OBSERVATIONS.
2	4at.	760	300	380	25	150	2,53	8 juillet.
2,40	3,5	860	400	322 1/2	22	150	2,15	9 juillet. Le fourneau est un peu refroidi par suite d'un arrêt forcé le 8 au soir et la matinée du 9, pour la réparation d'un joint au tuyau d'alimentation.
6,45	2,7	1.275	425	189	12 1/2	63	3,00	11 juillet.

En moyenne on peut admettre que la tourbe essayée vaporisera
2 k.,50 d'eau, la quantité d'eau vaporisée par heure et par mètre de surface de chauffe étant de 22 à 25 k.
3 id. id. id. 12 à 13 k.

Analyses de gaz pris dans le second carneau sur la cuve à mercure, pour 100 parties en volumes de gaz sec.

Numéros des analyses. . . .	1	2	3	4	5	6	7
Acide carbonique.	7,580	8,840	9,170	9,150	10,500	11,300	4,670
Oxygène.	8,276	6,122	6,667	6,338	7,692	8,005	14,000
Air non brûlé	39,400	29,000	31,700	30,200	36,600	38,400	66,670

Numéros de l'expérience.	DATE de l'expérience.	MOMENT DE L'ASPIRATION du gaz.	OBSERVATIONS.
1	8 juillet	aussitôt après le chargement.	Feu vif correspondant à 24 ou 25 k. d'eau vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
2	9 juillet	pend. toute la durée d'une charge.	
3	id.	id.	
4	id.	id.	
5	11 juillet	aussitôt après le chargement.	Feu lent correspondant à 12 ou 13 k. d'eau vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
6	id.	id.	
7	id.	immédiatement avant d'arrêter la vapeur. Il n'y a presque plus de combustible sur la grille.	

(Tableau n° 8.) — Tourbe.

Analyses complètes des gaz du fourneau faites, suivant les procédés de M. Ebelmen, par M. Debette.

Le tube à combustion était rempli aux 3/4 de tournure de cuivre d'abord grillée, puis réduite dans un courant d'hydrogène à l'état métallique, le gaz a constamment été desséché d'une manière complète en traversant, avant d'arriver au gazomètre à mercure, un tube à chlorure de calcium et un tube en U rempli de ponce imbibée d'acide sulfurique à 66°.

Numéro de l'analyse. . .	1	2	3	4
Acide carbonique	9,12	8,03	9,66	1,31
Oxygène.	9,82	12,06	8,61	19,65
Hydrogène	0,16	0,65	0,10	0,82
Oxyde de carbone	0,16	0,13	0,04	0,63
Azote par différence	80,74	79,13	81,59	77,59
Total. . .	100,00	100,00	100,00	100,00
Azote dosé directement (vérification)	80,00	80,00	81,00	78,00

On peut mettre ces analyses sous la forme suivante :

Numéro de l'analyse. . . .	1	2	3	4
Gaz combustibles (hydrogène et oxyde de carbone)	0,32	0,78	0,14	1,45
Air non brûlé.	46,62	57,43	41,00	98,33
Gaz inertes (acide carbon. et azote en excès).	53,06	41,79	58,86	0,22
	100,00	100,00	100,00	100,00

Dans toutes ces analyses les ouvreaux sont restés fermés sans qu'il y eût pour cela production de fumée.

Numéros de l'analyse.	Date de l'analyse.	Moment de la prise de gaz.	Observations.
1	9 juillet	Pendant la durée d'une charge.	Feu vif correspondant à 25 k. d'eau vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
2	8 juillet	A la fin d'une charge.	
3	11 juillet	Au commencement d'une charge.	Feu lent correspondant à 13 k. d'eau vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe.
4	11 juillet	A la fin de la journée, on venait d'arrêter la vapeur et de couvrir le peu de feu qui restait sur la grille.	

Données des analyses ci-dessus :

Numéro de l'analyse. . . .	1	2	3	4
Gaz pour l'analyse.	1660 cent. c.	1650 cent. c.	1665 cent. c.	1090 [illegible]
Baromètre.	0m,754	0m,753	0m,754	0m,76[illegible]
Température	23°,0	23°,1	22°,9	20°,[illegible]
Gaz ramené à 0° et à 0m,760	1524 c.c.	1515 c.c.	1525 c.c.	1013 c.c.
Acide carbonique.	0g,275	0g,241	0g,298	0g,0[illegible]
Produits de la combustion. — Eau	0,002	[illegible]	0,001	0,007
Produits de la combustion. — Acide carbonique. . . .	0,005	0,004	0,001	0,011
Produits de la combustion. — Oxygène.	— 0,211	— 0,254	— 0,187	— 0,275

(1) Voir la fin du tableau n° 6.

Observations a l'anémomètre.

Observations sur la quantité d'air qui passe par le cendrier et les carneaux.

Le cendrier est fermé par une porte en tôle à deux ventaux; chaque ventail a trois ouvertures placées au-dessous l'une de l'autre, et qui peuvent être fermées en tout ou en partie par des registres en tôle. Chaque ouverture est un rectangle de 183 millim. de base sur 153 millim. de hauteur, ce qui fait une superficie de $0^{\text{m.car.}},0280$, et pour les six ouvertures ensemble $0^{\text{m.car.}},168$, surface à peu près égale à la somme des vides entre les barreaux de la grillle.

Les ouvreaux ont, dans la partie où l'on place l'anémomètre, une section de 130 millim. de hauteur sur 110 millim. de largeur, ce qui fait $0^{\text{m.car.}},0143$ pour chacun, et pour les deux $0^{\text{m.car.}},0286$; leur sole est placée à 195 millim. au-dessus des barreaux de la grille, et ils débouchent à une distance de $162^{\text{mill.}},5$ (comptée à partir de l'axe de l'ouverture), au delà de l'autel, par une ouverture de 65 millimètres de large sur 195 de hauteur, et dont la section est par conséquent de $0^{\text{m.car.}},011675$, et pour les deux ensemble $0^{\text{m.car.}},02335$; de sorte que v étant la vitesse observée à l'entrée du carneau, la vitesse au débouché sera :

$$V = v\,\frac{2860}{2335} = 1,22484\,v.$$

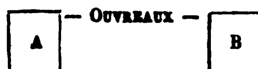
La vitesse v est donnée par la formule :

$$v = 0^{\text{m}},13 + 0^{\text{m}},104\,n$$

qui convient à l'anémomètre employé, n exprimant le nombre de tours en 1″,

N exprime le nombre de tours en 1′ = 60n.
La surface totale de la grille est de. . . 0^{m2},6525
Le vide entre les barreaux de. 0, 162
La section de la cheminée à la base. . . . 0, 383
— — au sommet. . . 0, 196
Sa hauteur totale = 20 mètres.

Dans toutes les expériences qui vont suivre, le registre a été constamment ouvert en plein.



1 1′
2 2′
3 3′

Porte du cendrier.

15 juillet.

LES OUVREAUX SONT OUVERTS.

On vient de décrasser la grille.			mèt.
(1)	N =	795	v = 1,50
Immédiatement après la charge.			
(1)	N =	0	v = 0
	=	130	= 0,35
	=	229	= 0,53
	=	418	= 0,85
	=	563	= 1,10
	=	585	= 1,14
Immédiatement après la charge.			
(3)	N =	490	v = 0,98
	=	505	= 1,01
	=	540	= 1,06
	=	588	= 1,15
	=	648	= 1,25
Immédiatement après la charge.			
(1)	N =	166	v = 0,42
Immédiatement après la charge.			
(B)	N =	2.875	v = 5,11
	=	2.850	= 5,07
	=	2.863	= 5,09
	=	2.735	= 4,87
	=	2.835	= 5,04
	=	2.853	= 5,08
	=	2.942	= 5,22
	=	2.720	= 4,84
On décrasse la grille.			
Immédiatement après la charge.			
(A)	N =	3.195	v = 5,67
	=	3.156	= 5,60
	=	3.100	= 5,50
	=	3,050	= 5,42
	=	3.125	= 5,55
	=	3.123	= 5,54
	=	3.310	= 5,86
	=	3.300	= 5.85

Observations a l'anémomètre (2).

16 juillet.

Quantité d'air qui passe par la grille et les carneaux.

Ouvreaux ouverts.

On vient de charger après avoir décrassé la grille.

		N		v (mèt.)
(1')		N = 60	v =	0,23
		= 142	=	0,38
		= 264	=	0,59
		= 380	=	0,79
		= 465	=	0,94
	On fourgonne.			
		= 425	=	0,88
		= 575	=	1,12
		= 665	=	1,28
	On vient de charger.			
(2')		N = 255	v =	0,57
		= 305	=	0,66
		= 388	=	0,80
		= 455	=	0,92
		= 503	=	1,00
	On fourgonne.			
		= 420	=	0,86
		= 500	=	0,97
		= 520	=	1,03
	On vient de charger.			
(3')		N = 385	v =	0,80
		= 400	=	0,82
		= 405	=	0,83
		= 575	=	1,13
		= 630	=	1,22
	On fourgonne.			
		= 500	=	0,97
		= 675	=	1,30
		= 735	=	1,40
		= 770	=	1,46
	On vient de charger.			
(A)		N = 3.615	v =	6,37
		= 3.610	=	6,36
		= 3.615	=	6,36
		= 3.578	=	6,33
		= 3.585	=	6,34
		= 3.715	=	6,59
		= 3.675	=	6,52
		= 3.655	=	6,46
	On vient de charger.			
(B)		N = 3.481	v =	6,16
		= 3.555	=	6,29
		= 3.244	=	5,75

La vitesse moyenne de l'air entrant par les ouvertures 1', 2' et 3', immédiatement après la charge est de

$$\frac{0^m,23 + 0^m,57 + 0^m,80}{3} = 0^m,5333$$ par seconde ou 32 mètres par minute.

Le volume d'air passant par minute à travers les six ouvertures du cendrier serait à ce compte de $32 \times 0,168 = 5^{m.cu.},376$ par minute.

La vitesse moyenne de l'air entrant par les mêmes ouvertures, immédiat. avant la charge du combustible, est de

$$\frac{1,28 + 1,03 + 1,46}{3} = 1^m.2566$$ par seconde ou $75^m,40$ par minute.

Le volume d'air total entrant par les six ouvertures serait à ce compte $75,4 \times 0,168 = 12^{m.cub.},667$ par minute.

On vient de charger après avoir décrassé la grille.

	N	v (mèt.)
(A)	N = 3.650	v = 6,46
(B)	= 4.360	= 7,67
(A)	= 3.598	= 6,36
(B)	= 3.755	= 6,64
(A)	= 3.325	= 5,88

33,01 (somme), 6,6 (moyenne). A cette vitesse moyenne correspond un vol. d'air de $6,6 \times 0,0286 = 0^{m.cub.},18876$ par sec. ou $11^{m.cub.},3256$ par minute.

On vient de charger.

		mèt.	
(B)	N = 4.100	v = 7,29	
(A)	= [illegible].355	= 5,94	26,29 (somme),
(B)	= [illegible]	= 7,04	6,57 (moyenne).
(A)	= 3.432	= 6,0[illegible]	
(3)	= [illegible]	= 1,1[illegible]	

On vient de charger après avoir entièrement fermé les ouvreaux A, B.

Peu sûrs	(3)	N = 515	v = 0,52
	(3')	= 48[illegible]	= 0,9[illegible]
	(3)	= 433	= 0,88

Observations a l'anémomètre (3).

17 juillet.

Expériences ayant pour but de déterminer de quelle manière l'ouverture des carneaux influe sur la quantité d'air qui entre par le cendrier.

1° Les ouvreaux sont ouverts.

On vient de charger.

		mèt.
(1')	N = 190	v = 0,46
(1)	= 325	= 0,70
[illegible]	= 615	= 1,20
[illegible]	= 692	= 1,33
[illegible]	= 1.010	= 1,88
[illegible]	= 900?	= 1,69

On vient de charger.

(1')	N = 80	v = 0,27
(1)	= 192	= 0,46
[illegible]	= 412	= 0,84
(2)	= 560	= 1,10
[illegible]	= 678	= 1,30

On fourgonne.

(3)	= 690	= 1,22
	= 725	= 1,40
	= 725	= 1,40

On vient de charger.

(A)	N = 3.107	v = 5,65
	= 3.288	= 5,83

On vient de charger.

(A)	N = 3.520	v = 6,23
	= 3.738	= 6,61
	= 3.490	= 6,19
	= 3.322	= 5,89

2° Les ouvreaux sont fermés.

On vient de charger après avoir décrassé la grille.

		mèt.
(1')	N = 70	v = 0,25
(1)	= 100	= 0,[illegible]
[illegible]	= 300	= 0.65
[illegible]	= [illegible]	= 0,97
[illegible]	= 700	= 1,34
[illegible]	= 912	= 1,63
[illegible]	= 718	= 1,37
[illegible]	= 927	= 1,74

	On fourgonne.					mèt.
(1)		N =	813	v =	1,54	
(3')		=	1.200	=	2,21 ×	
	On vient de charger.					
(3')		N =	492	v =	0,98	
(1)		=	545	=	1,08	
(3)		=	876	=	1,64	
(3')		=	984	=	1,83	
	On fourgonne.					
(3')		=	853	=	1,61	
(1')		=	862	=	1,62 ×	
	On vient de charger.					
(1')		N =	64	v =	0,24	
(1)		=	130	=	0,36	
(3')		=	420	=	0,86	
(2)		=	593	=	1,26	
(3')		=	710	=	1,36	
(3)		=	754	=	1,44 ×	

Des trois observations marquées du signe × résulte une vitesse moyenne égale à

$$\frac{2,21 + 1,62 + 1,44}{3} = 1^{m},7566$$

par seconde, ou $105^{m},4$ par minute.

Le volume d'air entrant par le cendrier, immédiatement avant que l'on charge la grille de combustible, calculé d'après cette vitesse moyenne et la superficie des six ouvertures du cendrier serait égal à 105,4 × 0,168 = $17^{m.cub.},707$ par minute.

Observations à l'anémomètre (4).

15 juillet.

On laisse constamment les ouvreaux fermés, puis on ferme successivement, et par couples, les portes 3, 3' et 2, 2'; toutes les expériences ont été répétées sur deux charges successives, l'une dans l'ouverture (1), l'autre dans l'ouverture (1'). — Le registre est ouvert en plein.

Portes		Ouverture						mèt.
1, 1' ; 2, 2' ; 3, 3'	ouverts.	(1)	*On vient de charger.*	N =	80	v =	0,27
				=	90	=	0,29
				=	429	=	0,87
				=	894	=	1,68
			On fourgonne.				
				=	878	=	1,65
				=	906	=	1,70
		(1')	*On vient de charger.*	N =	128	v =	0,35
				=	210	=	0,40
				=	379	=	0,79
				=	427	=	0,86
				=	670	=	1,29
				=	688	=	1,31
			On fourgonne.				
				=	590	=	1,15
1, 1' ; 2, 2'	ouverts.	(1)	*On vient de charger.*	N =	723	v =	1,38
3, 3'	fermés.			=	790	=	1,50
				=	1.048	=	1,94
			On fourgonne.				
				=	979	=	1,81
				=	1.060	=	1,97
				=	1.195	=	2,20
		(1')	*On vient de charger.*	N =	750	v =	1,43
				=	858	=	1,63
				=	907	=	1,86
				=	968	=	1,81
				=	1.481	=	2,72
			On fourgonne.				
				=	1.110	=	2,05

Registres		Expérience		N	v (mill.)
1, 1′	ouverts.	(1)	On vient de charger.	N — 1.110	v — 2,06
2, 2′ / 3, 3′	fermés.			— 1.618	— 2,93
				— 1.946	— 3,50
				— 1.866	— 3,36
				— 3.232	— 5,73
			On fourgonne.	— 2.264	— 4,05
		(1′)	On vient de charger.	N — 908	v — 1,70
				— 1.249	— 2,29
				— 1.870	— 3,37
				— 1.860	— 3,35
			On fourgonne.	— 1.850	— 3,34
				— 1.997	— 3,60

Chaudière de Chaillot.

Je passe aux expériences faites, à une époque antérieure, sur l'une des chaudières de la pompe à feu de Chaillot.

Cette chaudière est représentée, *Pl. V, fig.* 1 2 et 3, dans l'état où elle était au mois d'avril 1844, avant les expériences. Elle est de forme hémisphérique, à fond concave, comme les anciennes chaudières de Newcomen. Elle a deux foyers séparés par un mur vertical qui soutient le fond de la chaudière, et se prolonge jusqu'à $0^{m},60$ environ de l'extrémité de la sole opposée aux foyers. Chacune des grilles est de forme rectangulaire et a $1^{m},64$ de long sur $0^{m},94$ de large, ce qui fait pour chacune une superficie de $1^{m.car.},5416$, et pour les deux $3^{m.car.},0832$. Les barreaux de chaque grille sont au nombre de 15, ayant $1^{m},60$ de long et $0^{m},04$ de côté, ce qui donne pour le vide entre les barreaux d'une grille $0^{m.car.},5168$, et pour les deux $1^{m.car.},0336$.

Les flammes des deux chauffes se réunissent à l'extrémité de la sole et se rendent, par un petit conduit vertical, dans un tuyau intérieur de $0^{m},80$ de

diamètre, replié sur lui-même en forme de fer à cheval (*fig.* 1), de manière à venir rejoindre le carneau exterieur, qui fait presque tout le tour de la chaudière et vient déboucher dans la cheminée d'appel placée sur la droite du fourneau.

La hauteur de cette cheminée est de 21 mètres au-dessus du sol; sa section est un carré. L'orifice supérieur a $0^{m},75$ de côté, ce qui correspond à une section de $0^{m. car.},5625$.

Les cendriers ne sont pas susceptibles d'être fermés à volonté en partie, de manière à permettre de régler l'accès de l'air sous l'une ou l'autre des grilles. Cet inconvénient se fait sentir ici d'autant plus vivement, que l'air qui alimente le foyer de droite passe d'abord devant le cendrier du foyer de gauche; il en résulte une différence très-sensible dans le tirage des deux chauffes, malgré les grandes dimensions données au cendrier et au canal d'arrivée de l'air.

La machine alimentée par la chaudière est une machine de Watt à simple effet, marchant à pleine vapeur, construite à la fin du siècle dernier; elle met en mouvement une pompe, avec réservoir d'air, qui élève les eaux de la Seine dans une série de bassins ou réservoirs situés sur les hauteurs de Chaillot.

On employait, lorsque nos expériences ont dû commencer, de la houille sèche à longue flamme, d'excellente qualité pour la grille, et qui vient de Lodelinsart, près Charleroy. Ce charbon ne donne presque pas de fumée.

Pendant le mois d'avril 1844 on a consommé, en moyenne, $0^{hectol.},0073889$ de houille, par kilolitre d'eau élevée dans les réservoirs de Chaillot.

Le charbon de Lodelinsart ne produisant, comme nous venons de le dire, aucune fumée, le choix de la commission s'est arrêté sur le charbon de la *fosse des Produits*, près de Mons, charbon gras, très-fumeux, et qui laisse un résidu facilement fusible.

Il en fut acheté 52 voies de 15 hectolitres.

La commission désirant d'abord expérimenter les appareils fumivores employés en Angleterre, choisit l'un de ceux de M. Ch. Williams Wye, comme étant celui qui paraissait le plus approprié au genre de fourneau auquel il devait être appliqué. Cet appareil se composait de : 1° un tuyau de prise d'air en fonte ayant $0^m,28$ de diamètre, terminé par un évasement de forme rectangulaire, et placé dans le cendrier de droite.

Ce tuyau débouchait dans l'atmosphère, en avant du fourneau; l'ouverture d'entrée de l'air pouvait être rétrécie par le moyen d'un registre placé horizontalement; l'autre extrémité était ouverte dans une chambre à air ménagée dans le massif de maçonnerie du fourneau, derrière le cendrier et l'autel.

2° Trois plaques en fonte, s'assemblant à feuillures, recouvrant la chambre ci-dessus et placées au niveau des grilles.

3° Quatorze tuyaux prismatiques à 6 pans, dont deux sont engagés dans le mur de refend qui sépare la sole en deux compartiments; ces tuyaux sont coiffés de chapeaux pleins, et sont percés sur leurs faces latérales de trous de 15 millimètres de diamètre, par lesquels l'air atmosphérique arrivant de la chambre située au-dessous des prismes se répand dans l'intérieur du fourneau, et se

mêlé aux produits gazeux de la combustion de la houille.

Les *fig.* 4 à 9, *Pl. V*, donneront une idée exacte de cet appareil, ainsi que des modifications successives qui ont été faites au fourneau et à la disposition ci-dessus, pendant le cours des expériences dont il va être rendu compte.

1[re] SÉRIE D'ESSAIS.

Les tuyaux prismatiques sont fixés de telle sorte que les chapeaux se trouvent à 0^m,35 en contre-bas du fond de la chaudière (*fig.* 4, 6 et 8, *Pl. V*).

TABLEAU. — *Résumé des essais du* 22 *au* 27 *mai* 1844.

DATE de l'essai.	ÉPOQUE de l'allumage du feu.	ÉPOQUE de la mise en activité de la machine.	TEMPS d'arrêt momentané de la machine.	ÉPOQUE de l'arrêt définitif.	DURÉE totale du feu.	DURÉE de l'activité de la machine.	NOMBRE de coups de piston de la machine.	QUANTITÉ totale d'eau élevée. En kilolitres.	QUANTITÉ d'eau élevée par heure d'activité de la machine. En kilolitres.	QUANTITÉ d'eau élevée moyennement par heure de feu. En kilolitres.	QUANTITÉ de charbon de Mons, consommé. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon de Lodelinsart, consommé. En hectolitres.	QUANTITÉ totale du charbon brûlé. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon brûlé par heure. En hectolit.	QUANTITÉ de charbon brûlé par kilolitre d'eau élevée. En hect.
1844—mai.	h. '	h. '	h. '	h. '	h. '	h. '									
22	11 40	2 40	»	5 »	5 20	2 20	1.070	660	282,80	123,80	18	»	18	3,375	0,027
23	5 45	6 45	»	5 45	12 »	»	»	3.620	«	301,70	42	»	42	3,500	0,011
24	5 30	6 15	2 »	9 45	16 15	13 30	9.020	5.360	385,90	330	»	44	44	2,708	0,007
25	5 30	6 »	1 30	10 »	16 30	14 30	9.500	5.730	395,20	347,30	54	»	54	3,273	0,009
26	5 30	6 »	»	11 30	6 »	5 30	3.850	2.270	412,70	378	14	7	21	3,500	0,009
27	5 30	6 15	»	9 45	16 15	15 30	9.400	5.610	361,30	345,30	38	14	52	3,200	0,009
					[illegible]	»	»	23.250	»	321,40	166	65	231	3,189	0,0099

22 *mai.* — Manque fréquent de vapeur; le fourneau et la chaudière ne sont pas encore suffisamment échauffés. Le charbon de Mons passe vite et produit du mâchefer mince et collant à la grille.

23 *mai.* — Mêmes résultats que le 22; arrêt forcé de heures pour regarniture et resserrage des pistons de la machine et de la pompe. Marche intermittente faute de vapeur.

24 *mai.* — Continuation de l'essai avec le charbon de Lodelinsart. Marche meilleure; arrêt forcé de deux heures, pour regarniture de piston d'eau chaude et changement du sifflet d'injection.

25 *mai.* — Reprise du charbon de Mons; marche assez satisfaisante. Les mâchefers sont toujours minces, complétement fondus et collants à la grille.

26 *mai.* — Pour faciliter la marche du fourneau, le charbon de Mons produisant moins de chaleur que le Lodelinsart, et donnant tout juste assez de vapeur pour faire marcher la machine sans qu'il fût possible de faire souffler les soupapes, on se détermina à continuer les essais avec un mélange en volume de 2/3 de charbon de Mons et de 1/3 de charbon de Lodelinsart, mélange qui fut depuis constamment employé en remplacement du charbon de Mons seul, dans les essais subséquents. Ce mélange produit un meilleur effet que le charbon de Mons pur; les mâchefers, quoique encore vitrifiés, sont plus légers et moins adhérents aux grilles.

27 *mai.* — Mêmes résultats que le jour précédent.

Dans cette série d'expériences, le registre du tuyau de prise d'air est habituellement resté fermé; seulement on l'ouvrait de temps en temps plus ou moins, et pendant un temps limité, une

demi-heure, par exemple; on jugeait de l'effet produit par l'introduction de l'air atmosphérique dans l'intérieur du fourneau, tant par la quantité de fumée sortant de la cheminée, qu'en examinant ce qui se passait dans l'intérieur du fourneau et des carneaux. Des regards (*fig.* 10) avaient été ménagés à cet effet vers l'extrémité des deux soles, dans le carneau vertical et vis-à-vis le tube intérieur en tôle.

On ne remarqua aucune diminution sensible dans la quantité de fumée donnée par la cheminée; les gaz non brûlés provenant de la combustion imparfaite de la houille sur la grille ne s'enflammaient que d'une manière incomplète à l'extrémité de la sole, et s'éteignaient complétement à leur entrée dans le tube intérieur en tôle; toute flamme cessait d'ailleurs sur les soles, lors du chargement du combustible sur les chauffes. Enfin la flamme venant de celles-ci rasait le fond de la chaudière sans atteindre les tubes de diffusion. D'après cela nous avons pensé que l'air ne se mêlait pas bien aux produits gazeux de la combustion de la houille sur les grilles : l'air froid introduit dans l'intérieur du fourneau le refroidissait d'ailleurs notablement. Lorsque le registre du tuyau de prise d'air était tenu ouvert pendant un temps assez long, il y avait manque fréquent de vapeur, au point qu'il en résultait des interruptions forcées dans le jeu de la machine.

2e SÉRIE D'ESSAIS.

Pour rendre le mélange des gaz combustibles et de l'air comburant plus intime, et par conséquent obtenir une combustion plus complète, on releva les tubes de diffusion jusqu'à ce que leur partie supérieure arrivât à 0m,20 du fond de la chaudière.

TABLEAU. — *Résumé des essais des 30 et 31 mai 1844.*

DATE de l'essai.	ÉPOQUE de l'allumage du feu.	ÉPOQUE de la mise en activité de la machine.	TEMPS d'arrêt momentané de la machine.	ÉPOQUE de l'arrêt définitif.	DURÉE totale du feu.	DURÉE de l'activité de la machine.	NOMBRE de coups de piston de la machine.	QUANTITÉ totale d'eau élevée. En kilolitres.	QUANTITÉ d'eau élevée par heure d'activité de la machine. En kilolitres.	QUANTITÉ d'eau élevée moyennement par heure de feu. En kilolitres.	QUANTITÉ de charbon de Mons, consommé. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon de Lodelinsart, consommé. En hectolitres.	QUANTITÉ totale de charbon brûlé. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon brûlé par heure. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon brûlé par kilolitre d'eau élevée. En hectolitres.
	h. ′	h. ′		h. ′	h. ′	h. ′									
1844—mai. 30	4 30	7 »	»	8 »	15 30	13 »	7.070	4.650	356,8	300	38	19	57	3,667	0,012
31	5 30	6 »	»	7 30	14 »	13 30	8.680	5.100	377,80	364,30	32	16	48	3,428	0,009
30 et 31	»	»	»	»	29 30	26 30	15.750	9.750	388	330,50	70	35	105	3,560	0,0107

La combustion de la fumée, lorsqu'on ouvre le registre de prise d'air, est plus prononcée dans le compartiment de gauche que précédemment; mais elle est encore loin d'être complète et satisfaisante : dans le compartiment de droite la fumée s'enflamme à peine, on s'aperçoit qu'il existe une grande différence entre le tirage des deux chauffes. Il n'y avait pas lieu de prolonger plus longtemps ces essais; on mit donc le fourneau hors feu le 31 mai 1844.

3e SÉRIE D'ESSAIS.

Du 7 au 13 juin 1844.

On perce chacun des chapeaux des tubes de diffusion de trois trous destinés à produire des jets d'air verticaux, tandis que jusqu'alors on n'avait eu que des jets horizontaux par les ouvertures pratiquées dans les parois latérales. On construit en outre, immédiatement à la suite de l'appareil, un second autel qui s'élève jusqu'à $0^m,20$ du fond de la chaudière dans le but de produire un remou et d'obtenir un mélange plus intime des produits combustibles et de l'air comburant (*fig.* 5, 7 et 9, *Pl. V*).

TABLEAU. — *Résumé des essais du 7 au 13 juin 1844.* (3e Série.)

DATE de l'essai.	ÉPOQUE de l'allumage du feu.	ÉPOQUE de la mise en activité de la mache.	TEMPS d'arrêt momentané de la mache.	ÉPOQUE de l'arrêt définitif	DURÉE totale du feu.	DURÉE de l'activité de la mache.	NOMBRE de coups de piston de la mache.	QUANTITÉ d'eau élevée totale d'eau élevée. En kilol.	QUANTITÉ d'eau élevée par hre d'activité de la mache. En kilol.	QUANTITÉ d'eau élevée moyennement par hre de feu. En kilol.	QUANTITÉ de charbon de Mons, consommé. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon de Lodelinsart, consommé. En hectolitres.	QUANTITÉ totale du charbon brûlé. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon brûlé par heure. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon brûlé par kilolitre d'eau élevée. En hectolitres.
1844—juin. 7	h. ' 5 30	h. ' 6 »	»	h. ' 10 »	h. ' 16 30	h. ' 16 »	10.610	6.240	390	378,30	»	47	47	2,748	0,0075
8	5 30	6 »	»	9 45	16 15	15 45	10.160	5.660	371,10	348,30	37	17	54	3,323	0,0095
9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10	5 30	6 »	»	10 »	16 30	16 »	10.490	6.320	395	383	»	46	46	2,788	0,0072
11	5 45	6 15	»	9 »	15 15	14 45	8.900	5.300	372	347,50	»	42	42	2,754	0,0079
12	5 30	6 »	»	9 »	15 30	15 »	9.080	5.730	382	337,40	»	44	44	2,839	0,0073
13	5 30	6 »	»	10 »	16 30	16 »	10.890	6.150	384,40	371,80	»	45	45	2,727	0,0073
7 au 13 juin.	»	»	»	»	96 30	93 30	60.130	35.400	378,60	366,80	37	241	278	2,880	0.0078

7 *juin*. — Registre du tuyau d'air fermé.

8 *juin*. — *Idem*. Le grand piston de la machine est en mauvais état.

9 *juin*. — *Idem*. Le grand piston de la pompe de la machine est en très-mauvais état ; arrêt de la machine pour le réparer. On ne peut tenir compte du travail de ce jour.

10 *juin*. — *Idem*. La réparation du grand piston est terminée. Bonne marche.

11 *juin*. — On marche toute la journée avec le registre ouvert à $0^{m},10$, ce qui donne une section de $0^{m},30 \times 0^{m},10$ ou $0^{m.car.},03$, c'est-à-dire $\frac{1}{34,4}$ ou 0,029 du vide entre les barreaux des grilles. Le tirage à travers les grilles paraît diminué, cause probable de la production du mâchefer ; celles-ci sont obstruées par le mâchefer, ce qui n'a pas lieu dans la marche ordinaire avec le charbon de Lodelinsart. Effet utile moindre que lorsque le registre est entièrement fermé.

12 *juin*. — Registre du tuyau de prise d'air fermé. Marche ordinaire.

13 *juin*. — Registre ouvert à $0^{m},05$, ce qui donne une section de $0^{m},30 \times 0^{m},05 = 0^{m^2},0150$, c'est-à-dire $\frac{1}{68,9} = 0,0145$ du vide entre les barreaux des grilles. Marche ordinaire. Effet utile égal à celui que donne le registre entièrement fermé, ce qui prouve qu'il y a compensation entre le refroidissement dû à l'introduction de l'air atmosphérique dans l'intérieur du fourneau et la chaleur dégagée par la combustion des gaz non brûlés sur les grilles.

En résumé, dans cette série d'essais, où les besoins du service ont exigé l'emploi du charbon de Lodelinsart presque exclusivement, parce qu'il permettait d'élever dans le même temps une plus grande quantité d'eau, on a reconnu :

1° Que le second autel établi au delà de l'appareil fumivore ralentissait le tirage, au point que l'on n'a pu brûler moyennement que 2$^{hect.}$,880 de charbon par heure de feu, bien que le registre de la cheminée fût complétement ouvert.

2° Que cet autel, en ralentissant le tirage, produisait une économie de combustible.

3° Qu'en faisant arriver continuellement un courant d'air dans l'intérieur du fourneau par une ouverture de grandeur constante, il fallait, pour qu'il n'y eût pas augmentation de dépense sur le combustible, que cette ouverture ne fût pas, pour le charbon de Lodelinsart, supérieure aux quinze millièmes du vide total qui existe entre les barreaux des grilles.

4° Que la combustion des gaz ou du moins leur inflammation avait lieu dans le fourneau de gauche d'une manière complète, même lors du chargement du combustible, tandis que la flamme s'éteignait, dans ce cas, dans le compartiment de droite, qui du reste présentait un tirage beaucoup moins prononcé.

5° Que les flammes s'éteignaient complétement à leur entrée dans le tuyau horizontal intérieur en tôle, dont les parois se trouvaient incessamment ramenées à une température peu élevée, par le contact de l'eau de la chaudière.

4e SÉRIE D'ESSAIS.

Pensant que le moindre tirage que présentait la chauffe de droite pouvait tenir à ce que le cendrier de cette chauffe était en partie obstrué par le tuyau de prise d'air, on fit transporter ce tuyau dans le cendrier de gauche ; ce qui, en diminuant l'espace libre au-dessous des barreaux de la chauffe de gauche, tendait à rétablir l'égalité entre ces deux chauffes (*fig.* 5, 7 et 9, *Pl. V*).

Résultat des essais du 23 *au* 26 *juin.*

DATE de l'essai.	ÉPOQUE de l'allumage du feu.	ÉPOQUE de la mise en activité de la mach^e.	TEMPS d'arrêt momentané de la mach^e.	ÉPOQUE de l'arrêt définitif.	DURÉE totale du feu.	DURÉE de l'activité de la mach^e.	NOMBRE de coups de piston de la mach^e.	QUANTITÉ totale d'eau élevée. En kilol.	QUANTITÉ d'eau élevée par h^{re} d'activité de la mach^e. En kilolitres.	QUANTITÉ d'eau élevée moyennement par h^{re} de feu. En kilolitres.	QUANTITÉ de charbon de Mons, consommé. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon de Lodelinsart, consommé. En hectolitres.	QUANTITÉ totale du charbon brûlé. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon brûlé par heure. En hectolitres.	QUANTITÉ de charbon brûlé par kilolitre d'eau élevée. En hectolitres.
1844—juin. 23	h. ′ 5 30	h. ′ 6 »	h. ′ 1 »	h. ′ 7 15	h. ′ 13 45	h. ′ 12 15	7.830	4.810	351,80	313,50	26	13	39	2,836	0,0081
24	»	»	»		»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
25	5 30	6 »	»	1 45	8 15	7 45	5.070	3.150	406,30	382,70	18	9	27	3,273	0,0083
26	»	»	»	»	»	»	»	4.290	»	»	24	12	36	»	0,0084
23 au 26 juin	»	»	»	»	»	»	»	12.250	»	»	68	34	102	»	0,0083

Le registre de prise d'air n'est jamais ouvert que momentanément.

23 *juin.*—La différence de tirage entre les deux chauffes est toujours à peu près la même.

24 *juin.* — Chômage.

25 *juin.* — Continuation de l'essai, rien de nouveau.

26 *juin.* — De même que les jours précédents.

En résumé il était impossible dans l'état actuel du fourneau d'obtenir un tirage égal à travers les deux grilles. Pour juger de l'effet de l'appareil sur le fourneau, on fit charger, le registre étant plus ou moins ouvert, alternativement et à des intervalles égaux, le combustible sur chacune des grilles, tandis qu'auparavant on les chargeait ensemble. On put alors constater que, lors de la marche de l'appareil, il y avait diminution sensible de la fumée produite dans la chauffe de gauche, tandis que celle de droite continuait à produire des torrents d'une fumée noire et opaque; même dans le compartiment du fourneau qui donnait les meilleurs résultats, la combustion de la fumée n'était pas complète; les gaz enflammés sur la sole, et brûlés encore incomplétement, s'éteignaient à leur entrée dans le tube intérieur en tôle, et donnaient naissance à la fumée.

On n'a pas déterminé les proportions d'acide carbonique et d'oxygène contenues dans le courant gazeux, ni les volumes d'air qui arrivaient sur les foyers pendant la durée de sa combustion. Cette dernière détermination eût été rendue fort difficile par la disposition des foyers. A quoi faut-il attribuer la différence si marquée entre les ré-

sultats précédents sur le fourneau de la pompe à feu de Chaillot, et ceux que nous avons obtenus depuis à l'entrepôt des marbres? Ce n'est évidemment pas à ce que l'air introduit par le tuyau en fonte se mélangeait moins bien avec le courant chargé de fumée, à la pompe à feu qu'à l'entrepôt des marbres. Ce n'est pas non plus à la température trop peu élevée de la fumée, au moment où l'air venait s'y mêler, car l'on voyait la fumée s'enflammer et brûler en partie. Comme le courant de flamme s'éteignait à son entrée dans le tuyau courbe qui traversait l'eau de la chaudière, on peut croire que cette circonstance mettait obstacle à la combustion totale de la fumée. Mais une autre cause nous paraît avoir eu sur le peu de succès obtenu la principale influence, c'est le défaut de tirage dû à de trop petites dimensions de la cheminée et au mode de construction du fourneau. Nous avons vu en effet que la fumée s'enflammait et brûlait partiellement dans la chauffe de gauche, tandis qu'elle ne s'enflammait pas du tout dans la chauffe de droite, où le tirage était moins actif que dans la première.

D'un autre côté, en comparant les dimensions du fourneau et de la cheminée de Chaillot à celles du fourneau et de la cheminée de l'entrepôt des marbres, on arrive aux résultats suivants :

Quantités de houille brûlées par heure et par décimètre carré de l'orifice supérieur de la cheminée, à l'entrepôt des marbres :

	kil.
Combustion active.	4,74
Combustion lente.	2,19
A Chaillot, en moyenne.	5,13

Il faut ajouter que les carneaux et conduits de

la flamme et de la fumée, notamment le tuyau intérieur en tôle de la chaudière, avaient une section plus petite encore que l'orifice supérieur de la cheminée, et que le tirage était favorisé, à l'entrepôt des marbres, par la forme conique du vide intérieur de la cheminée, dont la section, en bas, était de 38 1/2 décimètres carrés, sensiblement double de l'orifice supérieur.

Les quantités de houille brûlées par heure et par décimètre carré de la surface totale de la grille sont, à l'entrepôt des marbres :

	kil.
Combustion la plus active.	1,42
Combustion lente.	0,66
A Chaillot, en moyenne.	0,94

Par heure et par décimètre carré de vide compris entre les barreaux de la grille, à l'entrepôt des marbres ;

	kil.
Combustion la plus active.	5,74
Combustion lente.	2,65
A Chaillot.	2,82

La cheminée de Chaillot avait donc, eu égard à la quantité de houille brûlée et aux autres dimensions du fourneau, une section beaucoup plus petite que celle de l'entrepôt des marbres; une quantité d'air beaucoup moindre passait dans le foyer pour une même quantité de charbon brûlé, et le tirage de la cheminée était probablement insuffisant pour amener derrière la grille, par le tuyau de fonte, un volume d'air suffisant pour la combustion complète de la fumée. Telle est la cause qui nous paraît avoir principalement contribué au résultat négatif des essais tentés à Chaillot.

Essais faits à la manufacture royale des tabacs.

La manufacture royale des tabacs renferme quatre grandes chaudières, à trois bouilleurs chacune, entièrement semblables, timbrées à 3 atmosphères, mais disposées de manière à ne pouvoir marcher que sous une pression de 1 atmosphère 1/2, par suite du mode d'alimentation, qui a lieu par la pression d'une colonne d'eau de 5m,60 environ de hauteur.

Chaque chaudière est munie :

1° D'un manomètre à siphon, à air libre, à tube métallique, dans lequel le niveau est indiqué par un flotteur.

2° D'un tube indicateur du niveau de l'eau, en cristal, placé, ainsi que le manomètre, sur le devant de la chaudière, en vue du chauffeur.

3° De deux flotteurs servant à régler l'ouverture de la soupape ou valve placée à la partie supérieure du tuyau de l'alimentation.

4° D'un flotteur avec sifflet d'alarme, tel qu'il est prescrit par l'ordonnance royale du 22 mai 1843.

L'existence de trois bouilleurs, et le diamètre de ceux-ci, par rapport à celui du corps de la chaudière, rendant trop faible la capacité réservée pour la vapeur, on s'est trouvé, postérieurement, dans la nécessité de surmonter ces chaudières d'un réservoir cylindrique en tôle, à fond plat, dans lequel se fait la prise de vapeur.

Trois de ces chaudières sont constamment en activité, et alimentent une des deux machines à vapeur de 70 chevaux de puissance, qui se trouvent dans l'établissement. Ces machines, placées

dans la même chambre, et qui ne marchent jamais simultanément, font mouvoir des moulins, hachoirs, tamis, norias, tire-sacs, et autres appareils employés dans la fabrication du tabac. Les trois chaudières ci-dessus servent en outre au chauffage d'une partie des ateliers.

Les quatre chaudières que nous venons de décrire ont chacune une puissance de 25 à 35 chevaux, sont situées dans le même massif, et ont une cheminée commune qui dessert, en outre, une petite chaudière à vapeur marchant à haute pression, 3 atmosphères au moins, et spécialement destinée à fournir de la vapeur pour le chauffage des séchoirs et des étuves.

Les *fig.* 1 à 3, *Pl. VI* représentent la coupe longitudinale et deux coupes transversales de la chaudière n° 4, mise à la disposition de la commission.

La capacité de chaque chaudière est de $11^{m. cub.}$,706, comme il suit :

Trois bouilleurs de 6^m,32 de longueur, sur 0^m,54 de diamètre intérieur. . . .	$4^{m. cub.}$,342
Chaudière de 6^m,40 de longueur, sur 1^m,40 de diamètre intérieur, terminée par deux calottes hémisphériques. .	$7^{m. cub.}$,364
Total. . .	$11^{m. cub.}$,706

Soit environ 12 mètres cubes, y compris les tubulures qui mettent les bouilleurs en communication avec la chaudière.

La surface de chauffe est, en comptant la surface entière des trois bouilleurs, qui sont sous voûte, et la moitié de la surface de la chaudière, de 46 mètres carrés.

L'épaisseur de la tôle est de 8 millimètres.

Les dimensions de la grille sont :

Longueur $1^m,88$.

Largeur $1^m,53$.

Ce qui donne pour superficie totale $2^{m.car.},87$.

Le vide entre les barreaux est seulement de $0^{m.car.},72$, le rapport du plein au vide étant : : 3 : 1.

On brûle moyennement sur cette grille 200 kilogrammes de houille par heure.

L'orifice supérieur de la cheminée commune a $1^m,02$ de côté, ce qui donne une section de $1^{m.car.},04$. On brûle 600 kilogrammes par heure dans les foyers de trois des quatre chaudières principales, et 100 à 120 kilogrammes par heure dans le foyer de la petite chaudière; cela fait plus de 7 kilogrammes par décimètre carré de l'orifice supérieur de la cheminée.

Je rappelle ici qu'à l'entrepôt des marbres, la quantité de combustible brûlé s'élevait au maximum à $4^k,74$ par décimètre carré de l'orifice de la cheminée.

Dans le but de faire varier à volonté le volume d'air atmosphérique introduit à l'arrière de la grille, dans le courant de gaz chargé de fumée, on fit arriver latéralement l'air de chaque côté du fourneau par quatre conduits rectangulaires de $0^m,12$ sur $0^m,22$, et débouchant dans le fourneau par des orifices de $0^m,12$ de largeur sur $0^m,20$ de hauteur, ce qui donnait pour chacun d'eux une section de $0^{m.car.},024$, et pour les huit de $0^{m.car.},192$. Au delà de ces conduits, dont le premier de chaque côté débouchait dans l'intérieur de la chauffe, et qui étaient espacés de $0^m,11$ ($0^m,23$ d'axe en axe), se trouvaient deux gros conduits, un de chaque côté de la chaudière, de $0^m,22$ de côté, présentant par conséquent ensemble une section totale de

$0^{m.car.}$,0968, qui venaient aboutir dans une cavité pratiquée au milieu de la sole, et recouverte par une plaque en fonte percée de six ouvertures rectangulaires de 0^{m},05 sur 0^{m},26, présentant ensemble une section de $0^{m.car.}$,078.

L'air atmosphérique pouvait donc affluer dans l'intérieur du fourneau, lorsque tous les registres des conduits étaient ouverts, par 14 orifices dont la superficie totale était de 0,192 + $0^{m.car.}$,078 = 0,27, ou les 27/72 = 3/8 du vide entre les barreaux de la grille; en fermant successivement les registres des conduites d'arrivée de l'air, on pouvait apprécier la grandeur la plus convenable pour les carneaux adducteurs de l'air et le point de la sole où il convenait de le faire déboucher. Les conduits dont nous venons de parler étaient tous pratiqués dans la maçonnerie en briques du fourneau (1); un regard placé à l'arrière du fourneau permettait d'observer ce qui se passait sur la sole.

Voici les résultats des observations faites sur la fumée émise par la cheminée lorsque tous les ouvreaux étaient fermés, et lorsque l'air était introduit par deux de ces ouvreaux :

(Voir le tableau ci-après.)

---

(1) La disposition des conduits d'air qui viennent d'être décrits est figurée par des lignes ponctuées sur les coupes de la chaudière (*fig.* 1, *Pl. VI*).

TOUS LES OUVREAUX FERMÉS.			LES 2 PREMIERS OUVREAUX OUVERTS.		
Durée de la fumée noire.	Durée de la fumée légère.	Durée de la fumée nulle.	Durée de la fumée noire.	Durée de la fumée légère.	Durée de la fumée nulle.
minutes. 2	minutes. 1	minutes. 9	minutes. 3	minutes. 1	minutes. 8
3	1	13	1 1/2	» 1/2	1
3	1	6	2	1 1/2	6
3	1	3	3 1/2	1	3
1	» 1/2	2	4	1	9
2 1/2	1	7	1 1/2	1	3
3	1	1	3	1	5
2	» 1/2	4	2	1	2
1	» 1/2	4	2	1 1/2	8
5	1	3	3	» 1/2	3
1 1/2	» 1/2	5 1/2	2 1/2	1	9
1 1/2	1	5	29'	11'	57'
2	» 1/2	5 1/2	Sur 100 29',9	11',3	58',8
» 1/2	» 1/2	1			
2	» 1/2	7			
1	1 1/2	» 1/2			
1	» 1/2	4 1/2			
1	» 1/2	» 1/2			
1 1/2	» 1/2	4			
37' 1/2	14' 1/2	85' 1/2			
Sur 100 27',3	10',7	62'			

Les observations ci-dessus, d'accord avec quelques autres observations de plus courte durée, et

que nous nous abstiendrons de citer, parce que, ne portant que sur quelques charges, elles offrent moins de garanties que les premières, montrent que l'admission de l'air atmosphérique pendant toute la durée des charges, par le premier couple d'ouvreaux, ne diminuait aucunement la proportion de fumée, et semblait même plutôt l'augmenter un peu. Ce dernier résultat a encore été plus sensible en débouchant un plus grand nombre d'ouvreaux et augmentant ainsi l'affluence de l'air atmosphérique. Dans le cours de nos observations sur la fumée émise, on chargeait le foyer de la chaudière n° 4 avec du charbon fumeux d'Anzin, et ceux des trois autres chaudières, y compris la petite qui marchait à haute pression, avec de la houille sèche d'Aniche, qui ne donne pas sensiblement de fumée.

D'un autre côté, l'observation de ce qui se passait dans l'intérieur du fourneau, par le regard placé à l'arrière de ce dernier, a montré que l'air introduit par plus de deux ouvreaux, au lieu de déterminer l'inflammation des produits fumeux qui se répandaient sur la sole après la charge, semblait plutôt y porter obstacle et retarder de quelques instants le moment où leur combustion aurait eu naturellement lieu, sous l'action de l'air entrant en quantité suffisante à travers la grille; cet effet n'avait pas lieu lorsque l'air n'était introduit que par un ou deux ouvreaux; mais, même dans ce cas, ainsi qu'on le voit par le relevé des observations, il y avait encore une faible augmentation plutôt qu'une diminution de la fumée.

Dans les expériences faites à l'entrepôt des marbres, on avait constaté que l'introduction de l'air, par les ouvreaux, au milieu des produits

gazéiformes de la combustion, tout en augmentant dans une forte proportion la masse totale des gaz qui devaient s'écouler par la cheminée, avait augmenté le tirage par suite de l'augmentation de chaleur due à la combustion de la fumée; l'aspiration de l'air à travers les barreaux de la grille n'était pas diminuée et paraissait même légèrement augmentée, ainsi que l'indiquent quelques expériences anémométriques.

A la manufacture royale des tabacs, au contraire, il arrivait que l'air atmosphérique affluent se mêlait avec les produits gazeux du foyer sans déterminer la combustion de la fumée, refroidissait le courant, retardait par conséquent le moment de son inflammation spontanée, et diminuait le tirage et la quantité d'air aspiré à travers la grille. Ces phénomènes étaient d'autant plus marqués que la quantité d'air affluant par les ouvreaux était plus considérable, et il fut même impossible de soutenir une marche continue avec tous les ouvreaux constamment ouverts : le courant refluait quelquefois vers les portes du foyer quand on les ouvrait. Le feu tombait et languissait sur la grille, et ne devenait pas plus actif quand on augmentait la levée du registre de la cheminée; il y avait manque de vapeur; cette insuffisance de tirage nous semble devoir être attribuée à une trop faible section de la cheminée commune qui dessert les quatre chaudières fonctionnant simultanément. En définitive les moyens par lesquels nous étions parvenus à empêcher, ou du moins à diminuer considérablement la fumée, à l'entrepôt des marbres, ont été absolument sans effet à la manufacture des tabacs.

Recherchons les causes de cette différence dans

les résultats de l'application du même procédé.

Dans les essais faits à l'entrepôt des marbres, la tension intérieure de la vapeur était ordinairement de 3 à 4 atmosphères pour un feu vif et produisant une quantité de fumée à peu près dans les mêmes proportions qu'à la manufacture royale des tabacs. La chaudière n'avait que deux bouilleurs engagés par leur dôme dans la maçonnerie, et ayant une épaisseur de tôle de 12 millimètres. Enfin, les conduits d'air longeaient la chauffe sur toute son étendue, et n'en étaient séparés que par l'épaisseur d'une demi-brique, de sorte que l'air affluent, malgré la grande vitesse dont il était animé, devait s'y échauffer un peu.

A la manufacture royale des tabacs, il y a trois bouilleurs entièrement exposés à l'action du courant des gaz chauds ou enflammés, et offrant, proportionnellement à la paroi en briques, une beaucoup plus grande surface qu'à l'entrepôt des marbres; la pression intérieure de la vapeur n'étant jamais supérieure à 1 at. 1/2, la surface des bouilleurs devait être à une température de 30 à 40° plus basse qu'au dépôt des marbres; l'air affluent arrivait, par suite de la disposition des conduits d'admission, précisément à la température atmosphérique.

Enfin, la comparaison des quantités de houille brûlée par heure et des dimensions des fourneaux et des cheminées donne les résultats suivants :

Quantités de houille brûlée par heure et par décimètre carré de l'aire de l'orifice supérieur de la cheminée, à l'entrepôt des marbres :

	kil.
Dans la combustion la plus active. . . .	4,74
Dans la combustion lente.	2,90
A la manufacture des tabacs	7,00

Quantités de houille brûlée par heure et par décimètre carré de la surface totale de la grille, à l'entrepôt des marbres :

	kil.
Combustion la plus active.	1,42
Combustion lente.	0,66
A la manufacture des tabacs	0,70

Quantités de houille brûlée par heure et par décimètre carré de vide entre les barreaux de la grille, à l'entrepôt des marbres :

	kil.
Combustion la plus vive	5,74
Combustion lente.	2,65
A la manufacture des tabacs.	2,80

La section de la cheminée de la manufacture des tabacs est donc, comparativement aux quantités de combustible brûlées sur les foyers desservis par cette cheminée, beaucoup moindre que la section de la cheminée de l'entrepôt des marbres; cette circonstance donne lieu, malgré la plus grande hauteur de la première de ces cheminées, à un défaut de tirage qui est rendu manifeste par ce fait que l'air, introduit par les ouvreaux, ralentissait l'activité de la combustion et faisait même refluer quelquefois le courant gazeux vers les portes du foyer. C'est ce défaut de tirage qui est très-probablement la cause principale de l'insuccès de nos expériences. S'il en est réellement ainsi, l'échauffement préalable de l'air, introduit dans le courant gazeux chargé de fumée, n'aurait pas eu d'influence sur les résultats. C'est pourquoi nous n'avons pas cru devoir essayer d'échauffer l'air introduit, ce qu'il eût été d'ailleurs assez difficile de faire.

Les essais chimiques des gaz du fourneau de la manufacture des tabacs font voir que la production de fumée est en relation ici, comme à l'entrepôt

des marbres, avec les proportions d'oxygène et d'acide carbonique contenues dans le courant.

Voici les résultats de ces essais :

Numéro de l'essai	NATURE du charbon.	NATURE de la fumée.	Proportion d'acide carbonique p. 0/0.	Proportion d'oxygène p. 0/0.	Rapport de l'acide carbonique à l'oxygène p. 0/0.
(A)	Après la charge.				
1	Anzin.	noire.	13,50	6,75	2
2	*id.*	*id.*	13,10	6,55	2
3	*id.*	*id.*	13,77	6,52	2,11
4	*id.*	*id.*	13,11	6,75	1,94
5	*id.*	*id.*	14,10	7,13	1,98
6	*id.*	*id.*	12,71	6,73	1,88
7	Anzin et Aniches mélangés.	brune.	12,92	7,05	1,83
8	*id.*	*id.*	12,62	7	1,80
9	*id.*	*id.*	11,94	7,27	1,66
10	Anzin.	légère.	10,64	7,80	1,36
11	*id.*	*id.*	10,11	7,86	1,29
12	*id.*	*id.*	10,91	8,18	1,33
13	*id.*	*id.*	10,50	8,40	1,25
14	*id.*	*id.*	10,46	8,64	1,21
15	*id.*	nulle (venant de disparaître).	11,38	10,34	1,10
16	*id.*	nulle (imméd. avant le ringardage).	9,10	9,80	0,94
17	*id.*	*id.*	9,06	10,15	0.89
(B)	Après le ringardage.				
18	Anzin.	noire.	12,16	7,30	1,67
19	*id.*	*id.*	12,57	7,28	1,71
20	*id.*	nulle (imméd. avant la charge).	9,46	10,31	0,89
21	*id.*	*id.*	9,19	10,23	0,90

Comparés aux essais des produits gazeux du fourneau de l'entrepôt des marbres, les essais ci-dessus montrent que la proportion d'air non brûlé est beaucoup moins considérable à la manufacture des tabacs.

La quantité d'eau vaporisée qui représente l'effet utile du combustible y est aussi plus considérable. Des expériences antérieures, faites par MM. les ingénieurs des tabacs, ont montré que dans la chaudière n° 4, un kilogramme de houille d'Anzin produisait de $6^k,10$ à $6^k,30$ de vapeur. Ces expériences n'ont pu être répétées dans le cours des essais, parce qu'il a été constaté que cette chaudière offrait des fuites qui donnaient lieu à des résultats anormaux et entachés de graves erreurs.

On a donc disposé la chaudière n° 3 de manière à ce qu'elle pût être alimentée par une pompe aspirant l'eau dans un réservoir jaugé, et on a trouvé qu'elle vaporisait, par kilogramme de houille :

		Houille brûlée (k.)	Eau vaporisée (k.)	Par kil. de houille.
a)	Anzin pur :	brûlé 2100 de houille ;	vaporisé 13500 d'eau ;	soit $6^k,430$ d'eau.
b)	id.	id.	13700	6,524
c)	Mélange. { Charleroi. Anzin. }	id.	13600	6,476
d)	id.	id.	14400	6,857 (1).

Expériences sur l'appareil fumivore de Juckes, installé pour essai à la manufacture royale des tabacs.

Cet appareil, inventé en Angleterre par M. Juckes, et exploité en France par MM. Taillefer et Cie,

(1) Au dépôt des marbres, la quantité d'eau vaporisée par kilog. de houille a été de $5^k,020$ à $5^k,318$. Il est vrai que le charbon était de qualité inférieure à celui d'Anzin employé à la manufacture des tabacs.

propriétaires du brevet d'importation, se compose, comme l'indique la *fig.* 4, *Pl. VI*, d'une grille sans fin, articulée, et qui se plie sur deux tambours polygonaux ; le tambour antérieur a un mouvement de rotation très-lent qui lui est imprimé au moyen d'une courroie et d'un système d'engrenages. On change facilement la vitesse de translation de la grille, en faisant passer la courroie sur une autre poulie. Une griffe d'embrayage, commandée par une fourchette placée dans la main du chauffeur, permet d'arrêter à volonté la grille, lorsque cela est nécessaire, lorsque, par exemple, la vitesse étant trop grande par rapport à l'épaisseur de la couche de houille, le mâchefer, ou le charbon s'accumule ou menace de s'accumuler au fond de la grille, de manière à s'élever jusqu'aux bouilleurs. Une manivelle placée de l'autre côté de la grille, permet alors de faire marcher celle-ci à la main dans un sens ou dans l'autre. Le devant du fourneau est fermé par un registre que l'on baisse jusqu'à une certaine distance de la grille. Le combustible, chargé en avant de ce registre, est entraîné par le mouvement de la grille, et la hauteur de la couche de houille se trouve réglée par la levée du registre. On a remarqué qu'il était très-important, pour la régularité de la marche du fourneau, que le combustible fut réduit en entier à l'état de menu et qu'il ne s'y rencontrât pas de gros morceaux.

La houille subit une distillation sur l'avant de la grille, se transforme en coke et se consume peu à peu au fur et à mesure qu'elle est entraînée avec la grille; le mâchefer produit tombe, à l'extrémité postérieure de la grille, dans un chariot mobile en tôle, en passant entre la grille et une

saillie de la sole couronnée par un tube de fonte à circulation d'eau, comme l'indique la *fig.* 4, *Pl. VI*; de cette manière les produits de la distillation de la houille sont complétement brûlés, soit en passant sur le coke qui garnit la partie postérieure de la grille, soit par l'excès d'air chaud qui traverse cette partie.

L'appareil entier est porté sur quatre roulettes qui se meuvent sur un chemin de fer.

Une grille mécanique de cette nature ayant été adaptée pour essai, sur la demande de M. Taillefer, à la chaudière n° 2 de la manufacture royale des tabacs, on a profité de cette circonstance pour faire sur cette grille, concurremment avec M. Roland, ingénieur chargé des diverses machines de l'administration des tabacs, les expériences dont il va être rendu compte.

La grille mécanique a les dimensions suivantes :

Largeur entre les deux parois $1^{m},27$.

Longueur de la grille, depuis son extrémité postérieure jusqu'au registre qui règle l'épaisseur de la couche de houille, 1,84.

Surface totale de la grille $2^{m.car.},3368$.

La grille est formée de 51 files de barreaux réunies par des boulons.

Les barreaux ont $0^{m},02$ de largeur, ce qui fait $1^{m},02$ pour les 51.

2 barreaux sont fixés aux parois du foyer $0^{m},04$.

Il reste pour la largeur des vides $0^{m},21$, c'est-à-dire 1/6 de la largeur totale de la grille.

La somme des espaces vides entre les barreaux de la grille est donc de $0^{m.car.},3895$, soit $0^{m.car.},40$.

On brûlait environ 200 kilogrammes de houille par heure

Toutes les expériences ont été faites avec du charbon gras d'Anzin.

Suivant les indications de M. Taillefer, on commença par régler la vitesse de manière, non-seulement à ce que le charbon se brûlât complétement sur la grille, mais encore de telle sorte qu'il ne s'accumulât pas du tout de mâchefer au fond de la chauffe, et qu'on ne fût pas obligé de décrasser la grille pendant le travail d'une journée.

Voici les résultats de l'analyse des gaz recueillis dans les carneaux, pour deux levées différentes du registre et des vitesses appropriés à chaque cas.

NUMÉRO de l'analyse.	HAUTEUR du registre au-dessus de la grille.	PROPORTION d'acide carbonique p. 0/0.	PROPORTION d'oxygène p. 0/0.	RAPPORT de l'acide carbonique à l'oxygène.
1	0m,08	8,16	12,92	0,63
2	id.	8,04	12,50	0,64
3	id.	8,00	12,67	0,63
4	0m,10	7,60	12,50	0,61
5	id.	7,40	11,80	0,63

Si la marche que nous venons d'indiquer était la meilleure pour l'appareil de Juckes, il résulterait des analyses ci-dessus que cet appareil devrait augmenter notablement la dépense en combustible : c'est en effet ce que M. Roland avait constaté jusqu'alors; les ouvriers disaient que ce fourneau ne produisait pas de vapeur, et que, quand il marchait, ils étaient obligés de forcer le feu sur les grilles des deux autres four-

neaux qui desservaient simultanément la machine à vapeur. Il était en effet évident que la partie postérieure de la grille se trouvant, pour ainsi dire, entièrement dégarnie, laissait passer une quantité d'air trop considérable, dont l'excès refroidissait inutilement le fourneau.

Pour remédier à cet état de choses on augmenta, soit l'épaisseur de la couche de houille, soit la vitesse de la grille, de telle sorte que, bien que le charbon se consumât entièrement en parcourant toute la longueur de la grille, celle-ci se trouvât toujours recouverte, à son extrémité postérieure, d'une couche assez épaisse de mâchefer. Il devint alors nécessaire de débrayer la grille toutes les quatre ou cinq heures pour enlever le mâchefer formé. On parvint ainsi après quelques tâtonnements, et en se guidant sur les résultats de l'analyse des gaz pris dans chaque cas, à des résultats beaucoup plus satisfaisants, sous le rapport de l'économie de combustible.

Dans ces essais on donna à la grille 3 vitesses de translation différentes : A, B, C, qui étaient respectivement entre elles :: 9 : 12 : 16. Ces vitesses étaient à peu près les suivantes : A = 18 millimètres par minute, B = 24 millimètres par minute, C = 32 millimètres par minute.

Numéro de l'analyse.	HAUTEUR du registre ou de la couche de houille, en cent.	VITESSE de la grille.	ACIDE carbonique p. 0/0.	OXYGÈNE p. 0/0.	RAPPORT de l'acide carbonique à l'oxygène.
1	12 1/2	A	8,92	12,57	0,71
2	id.	id.	8,27	11,72	0,70
3	id.	id.	8,84	11,57	0.76
4	id.	id.	7,53	10,56	0,71
5	id.	id.	9,60	9,60	1,00
6	id.	id.	9,34	9.42	0,99
7	id.	id.	9,50	9,50	1,00
8	9 1/2	id.	6,16	13,70	0,45
9	id.	id.	6,62	13.24	0,50
10	id.	id.	6,06	12,73	0,48
11	11	B	8,43	12,05	0,70
12	id.	id.	8,90	12,23	0,72
13	10	id.	9,10	10,30	0,88
14	id.	id.	9,37	10,76	0,87
15	id.	id.	8,57	10,00	0,86
16	id.	id.	9,64	10,81	0,89
17	id.	id.	8,49	9,44	0,90
18	id.	id.	8,55	9,21	0,93
19	9 1/2	id.	9,50	9,50	1,00
20	id.	id.	9,53	9,53	1,00
21	id.	id.	10,06	9.43	1,06
22	9	C	9,09	9,09	1,00
23	id.	id.	9,26	9,26	1,00
24	id.	id.	9,41	8.81	1,07
25	id.	id.	9,64	9,64	1,00
26	id.	id.	9,80	9,80	1,00
27	id.	id.	10,13	10,13	1,00
28	8 1/2	id.	10	8,57	1,14
29	id.	id.	10,34	9,19	1,12
30	id.	id.	10,09	9,14	1,10
31	id.	id.	9,67	8,45	1,14
32	id.	id.	10,39	9,10	1,14
33	8	id.	9,27	9,70	0,95

1, 2, 3, 4. Marche très-difficile; on est sans cesse obligé de ramener le feu en avant.

5, 6, 7. Marche assez bonne, cependant quelquefois irrégulière.

8, 9, 10. Pas de vapeur; le fond de la grille est complétement vide.

11, 12. Même remarque que pour les numéros 1, 2, 3, 4.

13, 14, 15, 16, 17, 18. Marche assez bonne, mais doit avoir lieu avec du charbon non mouillé, sans cela le charbon tend à s'engorger.

28, 29, 30, 31, 32. Bonne marche facile.

33. Marche facile; le fond de la grille est dégarni.

Des essais d'évaporation postérieurs faits avec la vitesse moyenne B de la grille ont donné les résultats suivants :

HAUTEUR de la couche de houille.	NATURE de la houille.	HOUILLE totale brûlée pend. 10 h^res 1/2 en kilog	EAU TOTALE vaporisée en kilogram.	EAU VAPORISÉE par kilogr. de houille en kil.	OBSERVATIONS.
mèt. 0,09	Anzin pur.	2.100	12.900	6,143	Marche assez bonne.
0,10	*Id.*	2.100	13.000	6,286	*Id.*
0,09	Mélange {2 Anzin. . . 1 Charleroi.}	2.100	13.300	6,333	*Id.*
0,09	*Id.*	2.100	12.700	6,048	Il restait beaucoup de feu sur la grille, lorsqu'on a arrêté la vapeur, et il n'en a pas été tenu compte en éteignant et pesant.
0,10	*Id.*	2.250	15.300	6,800	
0,10	*Id.*	2.100	13.900	6,619	Bonne marche, beaucoup plus facile qu'avec l'Anzin pur, il ne se forme plus de mâchefer collant.
0,10	*Id.*	2.100	14.800	7,047	

Les essais simultanés d'évaporation ont donné :

HAUTEUR de la couche de houille.	VITESSE de la grille.	KILOGR. d'eau vaporisés par kil. de houille.	OBSERVATIONS.
mètres. 0,10	B	5,495	Le fourneau s'est engorgé parce qu'on avait trop retardé l'enlèvement du mâchefer.
0,10	B	5,700	Bonne marche.
9,50	B	5,975	*Id.*
9,00	C	5,977	*Id.*
8,50	C	6,266	*Id.*
8,00	C	5,488	La grille est dégarnie au fond, la houille s'enflamme mal, on est obligé de ramener le combustible sur le devant de la grille.

Ces essais, malheureusement trop peu nom-

breux, concordent aussi bien qu'on pouvait le désirer avec les analyses dont les résultats sont consignés plus haut.

En résumé on est porté à admettre, d'après l'ensemble de ce qui précède, et d'après les observations particulières à chaque essai, que :

1° L'appareil de Juckes est en général, et sauf les cas où la section de la cheminée serait extrêmement petite, complétement fumivore.

2° Le charbon menu doit être employé de préférence; il faut casser les gros morceaux, qui n'auraient pas le temps de brûler dans le trajet de la grille.

3° Le charbon doit être bien sec, et on ne doit jamais le mouiller avant la charge, comme cela se pratique pour les grilles fixes.

4° Pour une vitesse de grille donnée, la hauteur du registre la plus favorable à l'économie du combustible n'est pas toujours celle pour laquelle le mâchefer se détache de lui-même à l'extrémité de la grille; il convient de régler l'épaisseur de la couche de houille, de manière à ce que l'extrémité de la chauffe soit recouverte par une quantité de mâchefer suffisante pour prévenir l'introduction d'un trop grand excès d'air, et alors il est quelquefois nécessaire de décrasser la grille, avec le ringard, toutes les quatre ou cinq heures.

5° Les grandes vitesses avec de faibles épaisseurs de houille donnent de meilleurs résultats que les faibles vitesses avec de fortes épaisseurs. Il n'y a de limite à la vitesse que le point où l'inflammation latérale ne peut plus se propager assez rapidement, de sorte qu'une partie du charbon est amenée à l'état noir jusqu'à une distance assez

près égale à l'aire de l'orifice supérieur de la cheminée.

3° Dans un fourneau qui serait construit d'après les règles précédentes on pourrait brûler par heure une quantité de houille à peu près double, de celle qui a été indiquée ci-dessus, sans produire sensiblement plus de fumée, en ayant recours aux dispositions suivantes : deux conduits déboucheraient à 15 ou 20 centimètres de distance en arrière de la grille, de façon à ce que les courants d'air jaillissent, en face l'un de l'autre, dans le conduit des gaz inférieur à la chaudière, suivant des directions opposées et perpendiculaires au courant gazeux ; le débouché de chacun de ces conduits aurait une surface d'environ les $\frac{127}{6520}$ = soit 1/50 de la surface totale de la grille. Il serait convenable que ces conduits fussent munis de registres, de manière à ce que l'entrée de l'air pût être à volonté interceptée. Les registres seraient ouverts au moment de la charge et après le ringardage ; ils seraient fermés après un temps déterminé par l'expérience dans chaque cas et lorsque, par suite de la conversion partielle de la houille en coke, le dégagement des produits gazéiformes résultant de la distillation de la houille aurait été ralenti, en même temps que l'air trouverait un passage suffisant à travers les barreaux de la grille.

Lorsque le tirage d'un fourneau est insuffisant, par suite de la disposition des carneaux ou d'une trop faible section de la cheminée, il n'est pas possible de prévenir la formation de la fumée par les moyens simples qui viennent d'être indiqués.

5° Le dégagement de fumée dans la combustion des houilles grasses peut être encore prévenu, même dans les fourneaux dont le tirage serait insuffisant pour que les moyens précédemment exposés pussent y être appliqués avec succès, par l'usage de grilles mobiles ou de distributeurs mécaniques. De tous les appareils de ce genre qui ont été proposés, à notre connaissance, la grille mobile patentée de Juckes nous paraît donner les meilleurs résultats, tant sous le rapport de l'absence totale de la fumée que sous celui de l'effet utile du combustible, lorsque cet appareil est d'ailleurs judicieusement construit et dirigé.

Il est également vraisemblable que la fumée pourrait être prévenue, par la combinaison de deux foyers disposés de manière à ce que la fumée développée sur l'un d'eux passât, soit au-dessus, soit au travers de l'autre, au moment où le combustible dont celui-ci serait chargé serait entièrement transformé en coke.

6° Nos essais semblent démontrer que l'usage des procédés ou des appareils fumivores ne donne lieu, dans aucun cas, à une économie de combustible, la chaleur développée par la combustion des particules charbonneuses qui constituent la fumée, étant à peu près compensée par la déperdition résultant de la plus grande masse d'air chaud qui s'écoule par la cheminée. Mais les essais faits à l'entrepôt des marbres, ceux de la manufacture des tabacs sur l'appareil de Juckes, les observations publiées par les auteurs anglais sur l'effet utile considérable du combustible brûlé très-lentement sur des grilles d'une fort grande surface, et par conséquent aussi presque certainement

sans fumée sensible, démontrent que par un usage judicieux de ces procédés et appareils, on prévient la fumée sans augmentation de dépense de combustible.

RAPPORT

Sur l'explosion d'une chaudière à vapeur, à Roubaix (Nord) ;

Par M. MEUGY, Ingénieur des mines.

Le lundi 18 janvier 1847, à midi, je me rendais, par le chemin de fer, à Roubaix, où m'appelaient plusieurs affaires de service. A mon arrivée à la station, j'appris que le matin même, vers 7 heures 1/2, la chaudière établie chez le sieur Vanmullem, retordeur de coton, avait fait explosion et occasionné la mort de deux ouvriers. Je m'empressai de me rendre sur les lieux où stationnait encore une foule compacte, et je fus témoin des affreux dégâts causés par le sinistre (*voy.* les *fig.* 1, 2 et 3, *Pl. VII*); le mur du bâtiment contigu au générateur n'existait plus, et on voyait dans l'intérieur les métiers renversés pêle-mêle dans un désordre épouvantable. C'est dans cette direction, c'est-à-dire obliquement à l'axe de la chaudière et du côté opposé au foyer que l'explosion a exercé ses plus grands ravages. Les cadavres du chauffeur (1) et du petit-fils du propriétaire (2) avaient été retrouvés dans la cour au milieu des décombres, près de la relaverie qui formait le prolongement de la cuisine. Ces deux malheureux ont dû mourir sur le coup, car le chauffeur avait la colonne vertébrale fracturée, et la tête de l'enfant était horriblement fracassée.

(1) Richard Toisse, âgé de 22 ans.
(2) Fleurisse Vanmullem, enfant de 14 ans.

Les débris du fourneau et des murs qui l'entouraient ont été lancés dans toutes les directions et ont brisé les toitures et les vitres des habitations voisines. Un fragment de zinc qui recouvrait sans doute le local de la chaudière et de la machine est tombé dans la cour d'une maison de la rue de l'Empereur. Une poutre a été lancée dans la rue Saint-Honoré. Une autre a détruit, sur le toit de la grande fabrique sise rue du Temple et appartenant à MM. le comte Baillon et Wallaert-Desmons, 7 pannes en largeur sur 17 en longueur. Les châssis des fenêtres de la maison du boulanger qui touche à l'établissement de M. Vanmullem ont été renversés, et il y a même certaines parties de ces châssis qu'on n'a pu retrouver.

La commotion a dû être très-forte ; car on l'a ressentie à une distance de 700 mètres sur la route de Tourcoing, et le seul fait de l'ébranlement de l'air a fait éclater des vitres et ouvrir des portes avec fracas dans un rayon de 80 mètres.

Enfin, la machine a été complétement détruite et la chaudière s'est divisée en plusieurs tronçons, qui ont été projetés aux points A, B, C, D et E du plan. Le premier tronçon (A) est tombé sur le toit d'une petite maison située en face du générateur (*fig.* 1 et 3). J'ai remarqué dans le grenier de cette maison, outre des fragments de zinc et de briques, des carreaux entiers qui ont appartenu évidemment à la plate-forme du fourneau. La tige du flotteur a été trouvée aussi près de la porte de cette habitation. Le deuxième tronçon (B), qui est le plus grand, est venu s'abattre dans le hangar situé à l'extrémité de la cour du boulanger, en traversant le toit qui le recouvrait (*fig.* 1 et 3). Une assez grande feuille de zinc est

aussi tombée dans cette cour. Le troisième tronçon (C) a été lancé d'abord au point c', sur le toit d'une maison qui borde le chemin de Blanchemaille, puis il a glissé et est venu définitivement se placer au milieu dudit chemin. Le quatrième (D) n'a été retrouvé que quelques jours après l'accident sous les décombres, à peu près au même point qu'il devait occuper primitivement (*fig.* 1). Enfin, la porte du trou d'homme (E) a été projetée sur un toit voisin (*fig.* 1 et 3) : tels sont les seuls fragments de la chaudière que l'on ait pu découvrir. Ils sont représentés avec détails (*fig.* 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12). On ne peut reconstruire complétement la chaudière avec ces divers fragments, et les figures 13, 14 et 15 montrent que la moitié du fond postérieur manque. Je l'ai fait rechercher longtemps, mais en vain. Comme le vieux fer vaut 18 francs les 100 kilogr., il peut se faire que quelque malheureux s'en soit emparé pour le vendre.

L'explosion a eu lieu, comme nous l'avons dit, entre 7 heures et 7 heures 1/2 du matin, lorsque la machine était encore au repos et que quelques ouvriers seulement étaient arrivés dans l'atelier. Il y avait un fileur et un rattacheur au premier étage. Le nommé Pierre Vandelbuike montait l'escalier du troisième où se trouvait une de ses filles, tandisque son aînée, qui n'était encore qu'au rez-de-chaussée, s'apprêtait à monter. La servante était occupée dans la cuisine. Le propriétaire était couché avec un de ses fils dans la chambre de devant. Enfin, le chauffeur et le jeune Vanmullem se trouvaient sans doute dans le local de la chaudière. Il y avait donc au moment de l'accident 8 personnes dans la maison Vanmullem, outre les 2 victimes, et ces

8 personnes ont échappé comme par miracle à une mort presque inévitable. Les deux filles Vandelburke seulement ont été blessées. Celle qui se trouvait en bas a été presque entièrement couverte par la chute d'un mur. Quant à sa sœur, qui graissait son métier au troisième étage, elle a glissé sur le plancher qui s'affaissait sous elle, et elle était menacée d'être écrasée par un tambour, quand le rattacheur du premier est venu la secourir. Heureusement ces deux filles n'ont été qu'assez légèrement blessées à la jambe. La secousse qu'a éprouvée le père Vandelburke l'a en-entraîné jusqu'au premier. Le propriétaire et son fils ont été couverts de débris provenant de la cloison qui les séparait du séchoir voisin; mais ils ont été protégés par les sommiers qui supportaient les planchers. Ces sommiers n'ont cédé en effet que d'un côté, par suite de la chute du mur donnant sur la cour, et ils sont restés ancrés à la façade, empêchant ainsi les étages supérieurs de tomber complétement.

Maintenant que nous avons rapporté tous les faits résultant de l'explosion, venons aux causes qui ont pu la produire. Il est toujours assez difficile de connaître avec précision les causes réelles d'un semblable accident, surtout lorsqu'on ne peut recourir au chauffeur pour obtenir tous les renseignement désirables. Toutefois, je crois avoir été assez éclairé par les circonstances qui ont précédé l'explosion, par l'examen que j'ai fait des différentes parties de la chaudière, et enfin par les conditions dans lesquelles celle-ci se trouvait établie pour pouvoir assigner les causes les plus probables qui ont pu donner lieu à l'accident du 18 janvier.

Le générateur du sieur Vanmullem est indiqué sur l'état des appareils à vapeur comme desservant une machine à haute pression de la force de 2 chevaux, destinée à mettre en mouvement des métiers à retordre le coton. Cette machine, qui faisait, en effet, mouvoir 8 métiers de 216 broches chacun, a été autorisée par arrêté du préfet, en date du 14 juin 1842, et a été livrée avec la chaudière par un nommé Rob, de Gand. Elle a été mise en activité le 15 janvier 1841, et la chaudière a subi l'épreuve légale pour 5 atmosphères le 14 mai suivant. Celle-ci fonctionnait donc depuis 6 ans. Elle avait aussi servi pendant un an avant que M. Vanmullem en fît l'acquisition. Sa consommation en combustible était de 3 hectolitres de 7 heures du matin à 10 heures du soir. Cette chaudière était cylindrique, en tôle, sans bouilleurs et avait les dimensions suivantes :

Longueur.	$2^{m},80$
Diamètre intérieur. . . .	$0^{m},78$

D'où l'on déduit pour sa capacité : $1^{m.cub.},215$. Elle appartenait donc à la troisième catégorie des appareils à vapeur, et devait présenter une surface de chauffe d'environ $4^{m.car.},57$.

Les appareils de sûreté dont elle était munie consistaient en deux soupapes juxtaposées l'une à l'autre et placées sur la feuille de tôle A; un flotteur d'alarme adapté à la même feuille près des soupapes; 1 flotteur ordinaire et 1 manomètre à air comprimé.

Les soupapes avaient 3 centimètres d'ouverture et reposaient sur leur siége par un anneau conique très-large qui portait leur diamètre extérieur à 4 centimètres.

Elles étaient chargées par l'intermédiaire de

leviers dont les bras devaient être entre eux dans le rapport de 10 à 86. L'arrêté d'autorisation porte en effet que le poids dont elles seront chargées devra être de $3^{kil},4$, et la formule

$$0,811\, D^2 (n-1) \frac{b}{B} = P$$

dans laquelle on fait $D=3$, $n=5$ et $P=3,4$, donne pour $\frac{b}{B}$ le rapport ci-dessus.

Or le levier de chaque soupape portait réellement à son extrémité deux poids, dont l'un était d'environ 3 kilogrammes et l'autre de 1 kilogramme, ensemble 4 kilogrammes. Les poids dont les soupapes étaient chargées correspondaient donc à la pression de $5^{atm},7$, ainsi que cela résulte de l'équation précédente résolue par rapport à n.

Le niveau d'eau se trouvait toujours, d'après M. Vanmullem, à 50 centimètres au-dessus du fond, de sorte que le volume de liquide renfermé dans le générateur était égal aux 2/3 environ de la capacité de l'appareil, l'autre tiers étant occupé par la vapeur, comme cela a lieu d'ordinaire dans les chaudières sans bouilleurs.

La longueur du tube manométrique était de $0^m,60$. Il était muni d'une échelle en cuivre que j'ai examinée, et dont je n'ai pu m'expliquer la graduation. Cette échelle est divisée en intervalles désignés par des chiffres qui se succèdent sans aucun ordre depuis 1 jusqu'à 100. J'avais d'abord pensé que ces chiffres pouvaient indiquer des livres anglaises par pouce carré pour 2, 3, 4, etc., atmosphères; mais cette supposition est tombée d'elle-même à la suite d'un court examen. Il est probable que l'échelle en question n'a pas été con-

struite pour un manomètre, et d'ailleurs comme elle était notablement plus courte que le tube, il est évident qu'elle ne pouvait s'appliquer à l'instrument dont faisait usage le sieur Vanmullem. Quoi qu'il en soit, lorsque la machine était en pleine marche, l'extrémité de la colonne de mercure atteignait le chiffre 60, qui est élevé de 35 centimètres au-dessus de la partie inférieure de l'échelle ou du zéro. Cette indication correspondrait à une tension de $2^{atm},4$ si le tube était parfaitement cylindrique; mais il n'en est jamais ainsi, et il est par suite impossible de connaître exactement la pression à laquelle la chaudière fonctionnait habituellement. Nous ne pouvons être guidés que par la charge des soupapes qui, comme on l'a vu, donne pour limite supérieure $5^{atm},7$.

La chaudière était à demi-enterrée dans le sol, et le fourneau avait une forme particulière qu'on voit représentée en coupe (*fig.* 16). La flamme, après avoir circulé sous le générateur, revenait par les deux carneaux inférieurs, et s'échappait dans la cheminée en retournant dans les carneaux supérieurs.

Ce mode de construction est connu sous le nom de procédé *Cosserat*, et a été introduit dans presque tous les établissements à vapeur de Roubaix et Tourcoing, il y a un an ou 18 mois. Le seul avantage qu'on puisse lui reconnaître, c'est de suréchauffer la vapeur et de l'empêcher d'entraîner avec elle une aussi grande quantité d'eau; mais les conduits supérieurs ont l'inconvénient de chauffer la chaudière au-dessus du niveau de l'eau, et s'il existe de la flamme dans leur intérieur, la tôle de la chaudière sera inévitablement brûlée au niveau de ces conduits, et une explosion pourra s'en-

suivre. Il est vrai qu'en recouvrant la chaudière à la hauteur des carneaux supérieurs d'une certaine épaisseur de maçonnerie, on ferait disparaître le danger signalé plus haut; mais alors ces carneaux ne produiraient plus autant d'effet.

Au surplus, je regarde ce système comme vicieux, en ce qu'il complique inutilement les fourneaux, et qu'il peut entraîner les plus graves accidents. L'explosion du 18 janvier en est un exemple; car on verra, par ce qui va suivre, qu'elle doit être surtout attribuée au mode particulier de construction du fourneau. Il y a, au reste, d'autres moyens de remédier à l'entraînement de l'eau par la vapeur, et M. Combes en a indiqué plusieurs dans son excellent Traité de l'exploitation des mines. On peut entourer le tuyau de vapeur d'un tuyau-enveloppe dans lequel circuleraient soit de la vapeur, soit les gaz chauds, résultant de la combustion; ou bien, employer la disposition imaginée par M. Sorel, qui consiste à avoir deux tuyaux distincts de prise de vapeur, dont l'un circule dans les carneaux ou à la base de la cheminée, et produit le desséchement et le suréchauffement de la vapeur renfermée dans l'autre, en y mélangeant sa vapeur, qui est à une température plus élevée. Les fourneaux construits d'après le procédé *Cosserat* doivent donc être l'objet de la plus active surveillance de la part de l'administration, et il y aurait même lieu de les prohiber comme contraires à l'article 29 de l'ordonnance royale du 22 mai 1843, à moins que les dangers qu'ils présentent ne fussent annihilés par l'application contre la partie de la chaudière correspondante aux carneaux supérieurs d'une couche de maçonnerie qui empêcherait le métal de se

trouver en contact immédiat avec la flamme et les gaz chauds.

L'épaisseur de la tôle de la chaudière est très-variable. Sur le fragment A, elle est de 6^{mill},5 à 7 millimètres. J'ai trouvé, sur le fragment B, 9 millimètres pour l'épaisseur des feuilles ζ, ε et η; 11$^{mill.}$,5 pour celle de α, 6 et γ, et 8 millim. pour δ et θ; la tôle qui constitue le reste du tronçon a de 7 à 8 millimètres. Ce tronçon porte les traces de deux réparations qui ont été faites : la première, il y a 18 mois environ, à la partie antérieure de la chaudière, et qui a nécessité le remplacement d'une partie de la feuille $\varepsilon\eta$ par une feuille neuve θ, et la seconde au coup de feu, il y a seulement 3 mois. C'est celle qui est accusée par la pièce circulaire δ. L'épaisseur de la tôle du fragment C est de 11^{mill},5 pour α et λ, de 9 millimètres pour ζ, et de 7 à 8 millimètres pour la portion de feuille contiguë à la calotte. Enfin, la tôle du fragment D a de 10 à 11 millimètres. Ainsi l'épaisseur du métal varie de 6^{mill},5 à 11^{mill},5. La chaudière, ayant 0^{m},78 de diamètre, aurait dû, pour fonctionner à 5 atmosphères, avoir au moins 8^{mill},6 d'épaisseur de tôle d'après la formule

$$e = \frac{D(n-1)18}{10} + 3$$

et la pression correspondante à son diamètre et à son épaisseur minimum ne pouvait dépasser, d'après la même formule, 3^{atm},5. Si cependant la chaudière a été timbrée à 5 atmosphères, c'est sans doute parce que l'essai ayant été fait sur place, il a été impossible de mesurer exactement l'épaisseur du métal. Je ferai remarquer ici que le propriétaire avait demandé à marcher à 6 atmos-

phères, et qu'il n'a été autorisé que pour 5.

Le sieur Vanmullem ne mettait rien dans sa chaudière pour prévenir les incrustations. Il la faisait nettoyer tous les mois, mais il paraît que le chauffeur n'apportait pas un grand soin à ce nettoyage. La veille même de l'accident, on a vidé le générateur pour refaire le joint des soupapes qui perdait beaucoup, et comme il y avait déjà 3 semaines que la chaudière avait été nettoyée, on profita de cette occasion pour le faire de nouveau. Il devait donc, en raison de cette circonstance, jointe à la secousse qui est résultée de l'explosion, ne pas rester trace de dépôts adhérents au métal. Cependant j'en ai trouvé sur le fragment B, et j'ai même été obligé d'employer le marteau pour en détacher des croûtes qui avaient jusqu'à 5 millimètres d'épaisseur. Il n'est pas étonnant, d'après cela, que la chaudière ait reçu plusieurs coups de feu, et si l'adhérence des dépôts terreux n'a pas été la cause déterminante de l'accident du 18 janvier, il est au moins certain que la résistance du métal a dû diminuer beaucoup par le fait de ces dépôts. En effet, j'ai fait couper des morceaux de tôle à la partie inférieure de la chaudière, en divers points de son contour et au trou d'homme, et en cassant ces morceaux dans le même sens, parallèlement à l'axe, j'ai remarqué qu'ils cédaient presque aussitôt sans se plier. Les cassures étaient nettes et présentaient tous les caractères d'un métal aigre et brûlé. Le morceau détaché près du trou d'homme avait plus de ténacité. Il s'est courbé un peu avant de se briser, et il était facile de distinguer dans la cassure des fibres présentant une certaine inflexion. Il n'est donc pas douteux que le métal a été successivement détérioré par suite

d'incrustations qui se sont formées au fond de la chaudière, et aussi de la présence de carneaux supérieurs au niveau de l'eau.

Les deux ouvriers qui se trouvaient au premier étage étaient descendus quelques minutes seulement avant l'explosion pour demander au chauffeur quand ils pourraient travailler. Le joint du trou d'homme fuyait alors un peu, et le chauffeur ne pouvant distinguer l'indication du manomètre à la lueur du bec de gaz, s'aida d'une allumette chimique, au moyen de laquelle il aperçut le mercure à la hauteur du chiffre 25. La division correspondante à ce chiffre se trouve à environ 25 centimètres au-dessus de zéro, et en supposant le tube manométrique bien calibré, la pression dans la chaudière n'eût été alors que de $1^{atm},7$.

Quoique nous ne puissions avoir aucune confiance dans ce manomètre, toujours est-il que la tension de la vapeur ne devait pas être très-grande. Car le chauffeur était arrivé après 6 heures 1/2, et il n'aurait certainement pas négligé de mettre sa machine en train, s'il avait pensé que sa vapeur pût être parvenue à un degré de tension suffisant. Il répondit donc aux deux ouvriers qu'il fallait encore attendre 10 minutes. Ceux-ci se retirèrent, et ils étaient à peine rentrés dans l'atelier lorsque l'explosion eut lieu. La chaudière a donc éclaté tout à coup sans que rien ait pu faire prévoir qu'un tel accident allait arriver, et 1/2 heure ou 3/4 d'heure seulement après l'entrée du chauffeur.

On ne peut admettre que l'explosion soit due au manque d'eau, puisque la chaudière avait été remplie la veille. On ne peut pas supposer non plus qu'elle ait éclaté par l'effet d'un excès de pres-

sion, car le chauffeur n'avait pas l'habitude de surcharger ses soupapes, et le manomètre n'indiquait pas que la vapeur eût une tension considérable. Il faut donc attribuer l'accident à la formation subite d'une grande quantité de vapeur. L'instantanéité de l'explosion et les effets terribles qu'elle a produits, comparativement aux faibles dimensions de l'appareil, tendent à confirmer cette opinion. Le peu d'épaisseur du métal et les détériorations successives qu'il avait éprouvées ont contribué aussi à faciliter la rupture de la chaudière en plusieurs fragments, dès que celle-ci a dû céder à l'action de la force qui surgissait dans son intérieur. Maintenant comment cette force a-t-elle pu se développer tout à coup? Il faut pour cela supposer que la chaudière a rougi en quelque endroit, soit à la partie inférieure, soit au niveau des seconds carneaux. Dans le premier cas, l'action du feu sur le métal a pu faire fendiller les dépôts et permettre à l'eau d'arriver en contact avec la tôle rouge; mais le peu d'épaisseur des sels terreux qui existaient au fond du générateur, l'absence de déchirures à la partie inférieure de l'appareil, qui forcerait d'admettre que les dépôts n'ont été fendillés qu'au-dessous de l'anneau A ou au coup de feu; enfin la direction même des lignes de rupture me font regarder la première hypothèse comme la moins probable. Je crois plutôt que la chaudière aura été brûlée au-dessus du niveau d'eau par la flamme circulant dans les carneaux supérieurs, et que la résistance de la tôle de l'anneau A, qui est la plus faible, ayant été altérée considérablement, il s'y sera déclaré une fente, qui en donnant issue un instant à la vapeur, aura provoqué un bouillonnement violent

dans la chaudière. L'effet de ce bouillonnement aura été de projeter l'eau contre les parois rougies et de produire immédiatement l'explosion.

Les dégâts les plus considérables ayant eu lieu du côté opposé au foyer, je suis porté à croire que la première fente s'est déclarée sur l'anneau A du côté de la cour; que cet anneau se sera renversé vers le chemin de Blanchemaille, et ne se sera séparé définitivement de la chaudière que lorsque celle-ci aura été entr'ouverte et partagée en plusieurs fragments.

Remarquons, en effet, que la maison marquée (5) sur le plan général n'a été nullement endommagée par la vapeur, et que, par conséquent, la chaudière a dû pivoter d'abord horizontalement, de manière à se placer à peu près perpendiculairement à l'atelier. La projection des fragments A, B, C, se conçoit alors sans difficulté. En effet, le tronçon C a décrit une trajectoire dirigée dans le plan vertical passant par l'axe de la chaudière déplacée, et n'a obéi qu'à deux forces agissant parallèlement et normalement au générateur, lesquelles forces se sont développées au moment où la chaudière a été déchirée transversalement, puis longitudinalement. Je suppose que le tronçon B aurait été lancé à peu près dans la même direction, si le fragment de tôle qui tient à ce tronçon s'était détaché, parce qu'alors le tronçon serait devenu parfaitement symétrique, et il n'y aurait eu aucune raison pour qu'il fût projeté à droite plutôt qu'à gauche. Enfin, le fragment A a dû être soumis non-seulement à l'action des deux forces désignées ci-dessus, mais encore à une puissance normale aux deux précédentes qui a agi sur lui au moment de la première déchirure.

Enfin, je ferai observer, à l'appui de l'hypothèse admise sur la cause de l'explosion, que les lignes principales de rupture sont dirigées du trou d'homme aux deux extrémités du générateur en obliquant de chaque côté vers les parties qui ont dû le plus souffrir de l'action de la flamme. Les larges fentes qu'on voit représentées en *p* et *v* (*fig.* 6) devaient correspondre aussi aux carneaux supérieurs.

Il résulte des considérations précédentes :

1° Que l'explosion qui a eu lieu, le 18 janvier, à Roubaix, doit être attribuée à un mauvais mode de construction du fourneau, qui consiste à faire passer la flamme et la fumée des carneaux inférieurs dans d'autres carneaux placés au-dessus des premiers, lesquels sont supérieurs au niveau de l'eau dans la chaudière ;

2° Qu'un pareil système est très-dangereux, surtout pour les petites chaudières ; qu'il est en opposition manifeste avec l'article 29 de l'ordonnance royale du 22 mai 1843, et qu'il n'y a lieu de le tolérer qu'à la condition expresse de revêtir la partie du générateur correspondante aux carneaux de dessus d'une certaine couche de maçonnerie propre à empêcher le contact direct de la flamme avec le métal ;

3° Que le peu d'épaisseur de la tôle, jointe aux détériorations qu'elle a éprouvées successivement par suite de coups de feu provenant de mauvais nettoyages et de l'absence de matières propres à empêcher les incrustations, ont puissamment contribué à aggraver les résultats de l'explosion ;

4° Que les propriétaires de machines à vapeur ne peuvent apporter trop d'attention au nettoyage de leurs chaudières, et doivent attacher une

grande importance à combattre l'adhérence des sédiments vaseux qui s'y déposent en mélangeant à l'eau des matières tinctoriales ou toute autre substance efficace ;

5° Qu'enfin ils doivent se méfier des procédés nouveaux tant vantés par les industriels qui les exploitent, et que, relativement à la construction des fourneaux, la plus simple est la meilleure. Toute complication doit être rejetée à moins que l'avantage qui en résulte ne puisse être obtenu par d'autres moyens; mais elle doit être immédiatement repoussée, si le bénéfice qu'elle procure est balancé par des dangers plus ou moins grands.

SÉANCE

De la Commission centrale des machines à vapeur, en date du 9 avril 1847.

RAPPORT FAIT PAR M. COMBES, INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES, SECRÉTAIRE DE LA COMMISSION.

M. l'ingénieur des mines Meugy est arrivé par hasard à Roubaix, quelques heures après l'explosion qui a eu lieu, le 18 janvier dernier, dans l'usine du sieur Vanmullem. Il a procédé immédiatement à une enquête, et a été informé, aussi bien que possible, des circonstances de l'accident. Exposé.

Son rapport constate que la chaudière était formée de feuilles de tôle d'épaisseurs inégales, depuis 6 millim. 1/2 jusqu'à 11 millim. 1/2; elle avait subi deux réparations, et des feuilles de tôle avaient été rapportées à la partie inférieure, vers l'extrémité opposée au foyer, l'une dix-huit mois, l'autre trois mois avant l'accident; la tôle était aigre, soit qu'elle fût originairement de mauvaise

qualité, soit qu'elle eût été détériorée par l'usage; quoique la chaudière eût été vidée et nettoyée la veille, quelques fragments étaient encore recouverts d'un dépôt incrustant ayant jusqu'à 5 millimètres d'épaisseur; les soupapes étaient d'une construction défectueuse; le manomètre fermé n'avait point d'échelle appropriée, et n'indiquait probablement pas exactement la pression de la vapeur. Ces faits montrent que la chaudière du sieur Vanmullem était d'une construction défectueuse, qu'elle était en outre mal entretenue et mal conduite.

Il est évident que la combustion était beaucoup trop active, eu égard à la surface de chauffe. Le rapport nous apprend, en effet, que la consommation de houille était de 3 hectolitres, depuis 7 heures du matin jusqu'à 10 heures du soir, ce qui comprend un intervalle de 15 heures; mais comme il faut en déduire le temps des repas des ouvriers, on peut réduire la durée du travail à 14 heures au plus. On brûlait donc à peu près 17 à 18 kilogrammes de houille par heure, c'est-à-dire une quantité correspondante à ce qu'exige une machine à vapeur de 4 chevaux de puissance environ. La chaudière, de forme cylindrique, terminée par des calottes hémisphériques, et sans bouilleurs, avait une surface extérieure totale de $6^{m.car.},86$; si le fourneau eût été construit suivant les prescriptions de l'ordonnance royale du 22 mai 1843, de manière que les carneaux de circulation de la flamme et de la fumée ne s'élevassent pas au-dessus du plan d'eau *normal*, la surface de chauffe eût été au plus égale à la moitié de la surface totale, c'est-à-dire à $3^{m.car.},43$; elle eût été certainement insuffisante pour utiliser convenablement la chaleur

d'un foyer où l'on brûlait 17 à 18 kilogrammes de houille par heure. Il n'est pas surprenant qu'avec une chaudière d'aussi petite dimension, on eût étendu la surface de chauffe autour de l'espace rempli de vapeur, par l'établissement d'un second étage de carneaux sur les côtés de la chaudière, dans sa partie supérieure. C'est ce mode de construction, formellement prohibé, comme dangereux, par les règlements d'administration publique, que M. Meugy regarde comme ayant été la cause de l'explosion du 18 janvier.

M. l'ingénieur en chef Blavier admet cette explication comme probable, mais cependant avec beaucoup de réserve : « On a peine à comprendre, » dit-il, en parlant des faits fournis par l'enquête, » que d'aussi grands effets aient pu se produire, si » l'on considère qu'il s'agit d'une chaudière d'un » volume *minime*, moindre qu'un mètre cube un » quart, et que la surface suréchauffée, correspon- » dante aux carneaux supérieurs, ne devait pas » être de beaucoup supérieure à $1^{m.car.}$, 1. »

Je ne partage pas les doutes de M. Blavier.

A l'appui des motifs développés par M. Meugy, dans son rapport, je ferai valoir les considérations suivantes : Observations.

La chaudière a été rompue en un grand nombre de fragments, cinq au moins, dont un n'a pu être retrouvé. Elle a éclaté brusquement sans autre indice antérieur de dégradation qu'une fuite près du trou d'homme. Les nombreuses lignes de rupture partent du trou d'homme, et, ainsi que le remarque M. Meugy, s'étendent principalement sur le dôme et les flancs correspondant au réservoir de vapeur, tandis que la partie inférieure de la chaudière est fort peu déchirée ; cette partie est

comprise presque tout entière dans le plus gros fragment B. Les leviers des deux soupapes étaient chargés chacun d'un poids total de 4 kilogrammes, qui, en ayant seulement égard à la grandeur de l'orifice intérieur, dont le diamètre était de 3 centimètres, correspondait à une pression de $5^{atm},7$. Eu égard à l'énorme largeur de la zone de contact, qui était de 1 centimètre en projection horizontale, il n'est pas douteux que les soupapes devaient laisser perdre la vapeur, sous une pression qu'on ne saurait assigner, mais qui était notablement inférieure à cette limite.

Les indications du manomètre observé quelques instants avant l'accident, quelque imparfait que fût cet instrument, s'accordent avec les indications tirées de la charge des soupapes pour montrer que la tension de la vapeur était médiocre, et n'atteignait pas encore le degré nécessaire pour la mise en train. Enfin, on était au commencement de la journée, et le feu n'avait été allumé ou plutôt ranimé que depuis une demi-heure environ. Tout indique donc que l'explosion a été déterminée par un accroissement considérable et rapide de la tension de la vapeur. Cet accroissement peut s'expliquer par le suréchauffement des parois de la capacité remplie de vapeur, suréchauffement qui doit nécessairement avoir lieu dans les instants qui précèdent la mise en train de la machine à vapeur, lorsque les carneaux sont disposés comme ils l'étaient dans la retorderie du sieur Vanmullem. Il est évident, en effet, que lorsque la vapeur ne s'écoule pas, l'eau pressée par la vapeur, qui est au-dessus d'elle, ne jaillit pas sur les parois de l'espace rempli de vapeur. Celles-ci doivent donc arriver alors à une

température voisine de celle du courant de gaz qui les lèche extérieurement. Mais dès qu'une issue est offerte à la vapeur par l'ouverture du robinet de mise en train, le soulèvement d'une soupape ou une fissure un peu forte, la pression de la vapeur supérieure diminue, l'eau entre dans un état d'ébullition violente et jaillit tumultueusement contre les parois de l'espace supérieur à la surface de niveau de l'eau tranquille. C'est là, dans mon opinion, l'explication la plus plausible des explosions fréquentes qui ont été observées au moment de la mise en train.

M. Meugy suppose que, à Roubaix, la vapeur est sortie d'abord par une fissure qui se serait déclarée dans le fragment A, où les feuilles avaient la moindre épaisseur. Comme il est certain qu'il existait déjà une fuite notable près du trou d'homme à l'instant où deux ouvriers sont venus demander au chauffeur dans combien de temps ils pourraient commencer leur travail, il me paraît plus naturel d'admettre que c'est cette fuite, voisine du trou d'homme, qui est devenue plus forte par suite d'une fissure de la tôle ou de la dégradation plus avancée du joint. Quoi qu'il en soit, la supposition d'une issue quelconque ouverte à la vapeur une fois admise, toutes les circonstances de l'explosion de Roubaix trouvent une explication rationnelle dans la génération brusque de vapeur qui a dû être le résultat de la projection de l'eau sur les parois suréchauffées. L'accroissement de tension qui en est résulté a pu d'autant mieux déterminer la rupture, que le métal de la chaudière était aigre et cassant : il est même vraisemblable que ces mauvaises qualités lui ont été communiquées par la circulation prolongée des gaz

chauds et oxydants, dans les carneaux de l'étage supérieur appuyés sur les flancs du réservoir de vapeur. Un calcul très-simple montre d'ailleurs que l'étendue des parois suréchauffées et la quantité d'eau contenue dans la chaudière étaient suffisantes pour rendre raison des faits observés.

La surface totale de la chaudière de Roubaix était, d'après les dimensions consignées au rapport de M. Meugy, de $6^{m.car.},86$. En supposant une épaisseur moyenne de métal de 1 centimètre (y compris les rivets et les parties des feuilles qui se recouvrent), la paroi cubait $0^{m.cub.},0686$ et devait avoir un poids égal à $0,0686 \times 7800 = 528$ kilogrammes, le cinquième à peu près de cette surface, soit 100 kilogrammes, pouvait être suréchauffé dans les carneaux supérieurs, et offrait une surface de $1^{m.car.},30$ environ. Enfin, en admettant que la chaudière fût remplie d'eau jusqu'aux 2/3 de sa capacité totale, elle contenait à peu près 810 litres ou kilogrammes d'eau, et 405 litres de vapeur. Il n'y a certainement pas d'exagération à supposer que, dans l'instant qui a précédé l'explosion ou plutôt l'ouverture de l'issue par laquelle la vapeur s'est déchargée, la vapeur avait atteint une tension de $2^{atm},728$, correspondant à une température de 130 degrés, que l'eau liquide avait acquis cette même température, et qu'enfin les parois de l'espace rempli de vapeur, et léchées par les gaz chauds, étaient parvenues à une température de 300 à 400 degrés, soit 350 degrés. Cela posé, les 405 litres de vapeur à 130 degrés et à l'état de saturation existants dans la chaudière avaient (en calculant la densité de la vapeur d'après les lois de Mariotte et de M. Gay-Lussac, et prenant le nombre 0,00366

pour le coefficient de dilatation) un poids égal à :

$$0,5915 \times 2,728 \times \frac{1,366}{1 + 130 \times 0,00366} \times 0,405 = 0^{kil},602.$$

100 kilogrammes de fer, à la température de 350 degrés, devaient contenir, en adoptant 0,12 pour la chaleur spécifique du fer, 4.200 unités de chaleur. Or, pour transformer en vapeur 1 kilogramme d'eau, qui est déjà à la température de 130 degrés, il suffit de lui communiquer 520 unités de chaleur. Par conséquent, en empruntant au métal 800 unités de chaleur seulement, ce qui le laisserait encore à une température moyenne de 283 degrés, ces 800 unités de chaleur suffiraient pour transformer en vapeur $\frac{800}{520} = 1^{kil},54$ d'eau liquide ; cette quantité de vapeur, s'ajoutant à celle qui préexistait à la température de 130 degrés, donnerait en tout $2^{kil},143$ de vapeur qui devraient exister dans un espace de 405 litres, d'où l'on conclut pour le poids spécifique de cette vapeur $\frac{2,143}{0,405} = 5^{kil},291$. Ce poids spécifique doit correspondre à très-peu près à une pression de 11 atmosphères et à une température de 186 degrés. Or il est certainement fort possible qu'une surface métallique de $1^{m.car.},30$ de superficie et chauffée à 350 degrés abandonne, dans un temps très-court, presque brusquement, à de l'eau à 130 degrés, qui vient la mouiller, la quantité de chaleur nécessaire, d'après ce qui vient d'être dit, pour qu'il y ait formation de vapeur à une pression de 11 atmosphères et à une température encore inférieure de 97 degrés à celle que le métal conserve. Nul doute

aussi que le passage subit d'une pression de 2 1/2 à 3 atmosphères à une pression de 11 atmosphères ne soit susceptible de briser une chaudière dans l'état où était celle de Roubaix le jour de l'accident. La rupture une fois opérée, les effets de projection et de destruction observés n'offrent rien qu'il ne soit raisonnable d'attribuer au dégagement subit de vapeur qui doit résulter d'une masse d'eau de 800 kilogrammes portée à une température de 130 degrés. Cette eau contient, en effet, une quantité de chaleur suffisante pour le développement immédiat de $\frac{800 \times 30}{520} = 46$ kilogrammes, ou 78 mètres cubes de vapeur à la température de 100 degrés et sous la pression atmosphérique. Or, le dégagement subit de cette masse de vapeur suffit pour expliquer la projection des fragments de la chaudière rompue aux distances de 30 à 40 mètres, où ils ont été retrouvés, le renversement des murs et l'enlèvement de la toiture de la retorderie, ainsi que les éboulements et les dégâts qui ont eu lieu.

Je partage donc complétement l'opinion émise par M. Meugy sur les causes qui ont déterminé l'explosion de la chaudière de Roubaix; d'ailleurs, il est malheureusement certain que plusieurs constructeurs de fourneaux font aujourd'hui circuler la flamme et les gaz résidus de la combustion dans des carneaux appuyés sur les parois du réservoir de vapeur, au-dessus du plan d'eau, quoique cela soit formellement prohibé par l'article 29 de l'ordonnance royale du 22 mai 1843. C'est surtout pour des chaudières de petites dimensions qu'on a recours à cette pratique; elle est excessivement dangereuse, parce que les parois

métalliques du réservoir de vapeur, comprises dans les carneaux, et qui peuvent donner lieu, par suite de leur température élevée, à un accroissement brusque de pression de la vapeur, sont généralement dans un état de détérioration causé par l'action prolongée du courant de gaz chauds et oxydants qui circulent autour d'elles.

Il y a quelque mois que j'ai dû, comme chargé du service spécial des appareils à vapeur dans le département de la Seine, donner mon avis à M. le préfet de police sur une demande en autorisation d'établir à Grenelle une chaudière de $0^{m\ cub.},125$ de capacité, dont les parois extérieures étaient exposées, dans toute leur étendue, au contact de la flamme et de la fumée. J'ai conclu au rejet de la demande et à l'interdiction immédiate de l'usage de la chaudière. Je sais que des constructions du même genre ont été faites dans le département du Haut-Rhin. Le rapport de M. Meugy nous apprend que ce système tend à se propager dans le département du Nord. Il me paraît très-important de mettre un terme à cet abus, qui pourrait occasionner des sinistres fréquents.

J'estime en conséquence qu'il y a lieu, de la part de M. le sous-secrétaire des travaux publics :

1° De faire connaître aux ingénieurs des mines de l'arrondissement minéralogique de Douai et à M. le préfet du département du Nord, que le procédé *Cosserat*, consistant dans l'établissement d'un second étage de carneaux, sur les flancs du réservoir de vapeur des chaudières, est formellement contraire aux prescriptions de l'ordonnance royale du 22 mai 1843, et qu'en consé-

quence son application doit être rigoureusement interdite;

2° D'ordonner l'impression immédiate du rapport de M. l'ingénieur des mines Meugy, et de l'avis de la commission, dans les *Annales des mines* et les *Annales des ponts-et-chaussées;*

3° De faire tirer à part 200 exemplaires de ce rapport pour les adresser à MM. les préfets des départements où sont établis le plus d'appareils à vapeur; cet envoi serait accompagné d'une circulaire ministérielle, par laquelle on rappellerait à MM. les préfets et aux ingénieurs chargés de la surveillance des appareils à vapeur, les prescriptions formelles de l'article 29 de l'ordonnance royale du 22 mai 1843, avec invitation de les faire exécuter.

La commission, après en avoir délibéré, approuve le rapport qui précède et en adopte les conclusions.

RAPPORT

Sur l'explosion d'une chaudière survenue dans l'usine du sieur Druot (Victor), *à Saint-Renobert, commune de Luingey* (Doubs), *le 5 août* 1846.

Par M. BOYÉ, ingénieur des mines.

Le 7 du courant, M. Migne, agent de la compagnie d'assurances, la *Sécurité*, m'a verbalement informé, au nom du sieur Druot, que la chaudière à vapeur, située dans l'usine de ce dernier, à Saint-Renobert, commune de Luingey, avait éclaté l'avant-veille. Contrairement aux prescriptions de l'ordonnance du 22 mai 1843, ainsi qu'à celles de votre arrêté qui en autorise le roulement, le sieur Druot avait déjà déplacé la chaudière ainsi que les divers appareils avariés dans cet accident. La chaudière et ces appareils étaient transportés dans les ateliers du sieur Valentin, chaudronnier à Besançon.

Je m'y suis rendu aussitôt, et j'ai fait inviter le sieur Druot, venu à Besançon, de s'y trouver également. La chaudière était dans le même état qu'après l'explosion; j'en ai examiné attentivement les diverses parties ainsi que les appareils qui avaient été apportés.

Le sieur Druot, qui avait été présent à l'accident, m'a donné tous les détails qui ont précédé et suivi l'explosion. Je l'ai informé en même temps que je me rendrais à son usine pour compléter cet examen, et je m'y suis rendu, en effet, le 11 du courant.

La chaudière est en tôle de fer, de forme cylindrique, terminée à chacune de ses extrémités par une calotte sphéroïdale aplatie ; elle sort des ateliers de MM. Dubois et Lévêque à Paris ; elle porte le timbre de 5 atmosphères.

Les dimensions de la chaudière sont les suivantes :

Longueur de la chaudière de bout en bout.	$2^m,80$
Diamètre intérieur de la chaudière. . . .	$0^m,65$
Épaisseur de la tôle.	$0^m,08$

Elle n'a pas de bouilleurs.

Cette chaudière formait le générateur d'une machine à vapeur de la force nominale de *trois* chevaux, servant à mettre en mouvement un battoir à blé, et suppléant quelquefois au cours d'eau qui fait mouvoir le moulin de Saint-Renobert. La *fig.* 8, *Pl. III*, donne le plan de la partie de l'usine où la chaudière était placée.

La chaudière était munie des divers appareils de sûreté prescrits par l'ordonnance du 22 mai 1843, savoir : deux soupapes de sûreté dont les orifices sont plus grands, relativement à la surface de chauffe, que ceux qui sont fixés par la table jointe à l'ordonnance ; un flotteur ordinaire et en outre deux tubes en verre indicateurs du niveau de l'eau ; ces deux derniers étaient placés sur le fond de la chaudière visible au dehors ; un manomètre à air libre en tube de cristal, et enfin un flotteur d'alarme. Ces deux derniers appareils avaient été placés seulement au commencement du mois de mai 1846, avant que la machine ne fût remise en activité pour cette campagne.

Voici comment les faits se sont passés, d'après la déclaration du sieur Druot :

La machine était en roulement à peu près per-

manent depuis le milieu du mois de mai ; en dernier lieu, elle marchait d'une manière continue jour et nuit ; elle ne faisait marcher que le battoir. Deux chauffeurs se relevaient successivement. Le 5 août, Antoine Côte, dit Fanfan, un des chauffeurs, avait pris le service de la machine à 2 heures du matin ; vers les 7 heures, le sieur Druot, qui était au battoir, s'aperçoit que le mouvement se ralentit d'une manière très-prononcée, il avertit le chauffeur de soigner sa machine; celui-ci venait de faire une courte absence et rentrait dans le local de la chaudière. En même temps, le sieur Druot descend du battoir, et examinant les tubes indicateurs en verre, reconnaît que le niveau de l'eau y est très-bas. Cependant le flotteur d'alarme ne sifflait pas; il monte au-dessus de la chaudière, presse la tige supérieure de ce flotteur, et celui-ci siffle. Il descend ensuite à la grille, examine le foyer et reconnaît que les parois de la chaudière sont rouges; en même temps, il entend comme un mouvement tumultueux dans la chaudière; il crie aussitôt : « Sauvons-nous » et en passant ferme le robinet de mise en train, arrêtant ainsi le mouvement de la machine, et par là celui de la pompe d'alimentation. A peine était-il hors du local de la chaudière, que l'explosion se fait entendre; le chauffeur était dans l'intérieur, étendu roide mort, près de la porte, par une pierre du parement supérieur de la maçonnerie du fourneau qui lui avait fracassé la tête.

D'après la déclaration du sieur Druot, Antoine Côte serait déjà sorti du local en même temps que lui, mais il y serait rentré pour prendre quelques objets qu'il y avait laissés (sa pipe et son tabac), et ce serait en ce moment qu'il aurait été atteint. Ce

point a été confirmé par un ouvrier qui travaillait sous le hangar, près du local de la chaudière, au moment de l'accident.

Ce simple exposé indique déjà d'une manière suffisante la cause de l'explosion ; l'examen de la chaudière et la discussion des différentes circonstances telle qu'elle sera donnée plus loin confirment d'une manière complète que cette cause a été l'injection, par la pompe d'alimentation, d'une certaine quantité d'eau sur les parois suréchauffées de la chaudière. Le sieur Druot déclare qu'il n'a pas vu Côte tourner le robinet pour alimenter; mais cet acte du chauffeur n'en paraît pas moins incontestable.

La chaudière, après l'explosion, occupait à peu près la même position qu'auparavant, seulement elle s'était avancée du côté du foyer de $0^m,15$ environ. Elle était ouverte sur le fond inférieur, à la partie correspondant immédiatement au-dessus de la grille. Le levier de la soupape placée vers cette extrémité était fortement recourbé vers la chaudière, ainsi que la tige qui lui servait de guide et de support; l'autre soupape n'avait rien éprouvé de pareil.

Le massif de maçonnerie était en partie démoli; c'était la partie en briques placée au même niveau que la chaudière, sur la moitié à peu près d'une des faces en *mn*. Le reste était en place, sauf la partie comprise entre les deux plans parallèles verticaux, tangents à la chaudière, suivant les génératrices du cylindre.

Les murs et le plancher n'avaient éprouvé aucune dégradation. Le mur de devant, dans lequel la chaudière était en partie encastrée, n'avait pas éprouvé plus de dommage que les autres; seule-

ment deux ou trois briques, qui étaient posées de champ sur la chaudière et formaient sa liaison avec le mur, avaient été enlevées. Le manomètre, qui était appuyé contre cette muraille, n'était pas brisé, mais tout le mercure avait été répandu, et le tuyau de communication avec la chaudière arraché.

L'arbre de couche, qui mettait directement le battoir en mouvement, et qui était alors placé parallèlement à l'axe de la chaudière et à 1^m,13 au-dessus d'elle, était brisé en un de ses points correspondant à peu près au-dessus de la soupape dont le levier était recourbé; mais les deux parties n'étaient pas disjointes. Cet arbre était en bois de sapin ayant 0^m,20 de diamètre.

Il résulte de ces circonstances, qu'immédiatement après l'explosion, la chaudière a pris un mouvement de rotation autour du point d'appui de l'extrémité opposée à la grille, et qu'après avoir heurté l'arbre de couche, ainsi que l'indique la figure 9, elle sera retombée dans la position qui a été indiquée.

La figure 10 représente en projection la chaudière après l'explosion, la partie inférieure étant tournée en l'air. La partie déchirée est celle qui correspondait immédiatement au-dessus de la grille. La déchirure a eu lieu suivant une figure approchant d'un trapèze dont les deux bases ont, l'une 0^m,50, l'autre 0^m,70, et qui a 0^m,40 de hauteur. La partie déchirée a tourné autour de la plus grande des deux bases, ainsi que le représente la figure 11, sans se détacher de la chaudière. La déchirure s'est faite suivant des lignes très-nettes.

L'examen de la chaudière dans cette partie montre qu'elle était déjà brûlée; en effet, sur

toutes les parois de la déchirure l'épaisseur de la tôle est réduite à 5 millimètres, et en plusieurs points l'épaisseur est seulement de 4 millim. 1/2. La tôle présente dans cette partie une texture très-légèrement spongieuse, mais dans aucun point cependant on ne remarque aucune boursouflure, ni aucun indice de fente antérieure. Cet amincissement de la tôle, après un roulement total effectif de 6 mois seulement et avec des eaux qui ne sont ni acides ni incrustantes, indique évidemment une mauvaise conduite du feu, et il est probable que, à diverses reprises, on aura cherché à augmenter trop considérablement la production de la vapeur en poussant la combustion avec trop d'activité.

Il résulte de la déclaration du sieur Druot que la tension de la vapeur dans la chaudière ne dépassait jamais 4 atmosphères 1/2, d'après l'indication du manomètre, et que, à ce point, les soupapes se soulevaient.

En calculant la pression, d'après la charge des soupapes, on a les éléments suivants pour le calcul :

Diamètre de la tubulure sur laquelle la soupape est placée.	m 0,036
Largeur de la zone de contact.	0,0015
Longueur du grand bras de levier.	0,410
Longueur du petit bras de levier.	0,044
Charge à l'extrémité du levier.	k 5,000
Poids de la soupape.	0,186
Poids du levier.	0,411
Distance du centre de gravité du levier au point fixe.	0m,20

Ce qui donne, pour la charge directe sur la soupape :

	k
Poids de la soupape.	0,186
Pression due au poids de 5 kilogrammes agissant à l'extrémité du levier.	46,590
Charge du levier sur la soupape.	1,868
	k
Total.	48,644

L'orifice de la tubulure ayant $0^{m},036$ de diamèt., sa superficie est de $10^{\text{cent.car.}},174$, et la pression exercée sur chaque centimètre carré superficiel était de $4^{\text{kil}},781$, ce qui correspond à une tension intérieure de vapeur de 5 atm. 6/10, tandis que la chaudière n'était timbrée que pour 5 atmosphères.

Il y avait donc surcharge des soupapes, et les indications données par le sieur Druot ne seraient pas conformes au résultat qui vient d'être déterminé. On doit néanmoins observer à cet égard que : *la presque totalité des soupapes dont les poids et surfaces annulaires de contact ont été régularisés, lèvent, sous une pression d'environ une demi-atmosphère au-dessous de celle pour laquelle elles sont chargées* (Traité sur les machines à vapeur, par Bataille et Julien; 2ᵉ édition, page 93).

En considérant la pression de la vapeur, eu égard à la rupture de la chaudière, on a vu plus haut que quelques instants avant l'accident le sieur Druot s'est aperçu que le mouvement du battoir se ralentissait, ce qui indique que la vapeur n'était pas engendrée en quantité suffisante, et ne pouvait atteindre la pression normale; ce point s'explique d'ailleurs facilement, la surface de chauffe étant réduite par suite de l'abaissement de l'eau dans la chaudière. Mais la pression eût-elle

été portée en réalité à 5 atm. 6/10, cette pression n'est pas suffisante pour faire rompre la chaudière. Celle-ci, en effet, dans les points où elle a été le plus amincie, dans les points exposés directement à l'action du foyer, avait encore une épaisseur de 4 millimètres 1/2, et en supposant même que la ténacité de la tôle fût diminuée des 2/3 par suite de l'élévation de la température, on trouve que sa résistance aurait été plus que suffisante pour supporter cette pression.

En reconnaissant pour cause immédiate de l'explosion l'injection de l'eau sur les parois rougies de la chaudière, on doit remarquer que les chances de cet accident avaient été pour ainsi dire préparées par la manière vicieuse dont Antoine Côte dirigeait la marche de la chaudière. Il paraîtrait qu'au lieu d'observer pour les besoins de l'alimentation le flotteur ordinaire ou les tubes indicateurs, il attendait plus volontiers, malgré les observations du sieur Druot, le sifflet du flotteur d'alarme, placé de manière à donner des indications lorsque le niveau de l'eau était de 8 à 9 centimètres au-dessus de la partie la plus élevée des carneaux.

Dans cette circonstance, on ne saurait s'expliquer qu'il ait pu laisser descendre aussi bas le niveau de l'eau dans la chaudière. La pompe d'alimentation n'était, en effet, nullement dérangée; le tuyau de conduite avait été brisé par la chute d'une pierre lors de l'explosion, mais j'ai pu examiner les soupapes qui étaient en bon état. Ces soupapes sont enfilées et présentent peu de chances de dérangement. En outre, l'eau est abondamment fournie par le bief supérieur qui met les roues de l'usine en mouvement.

La pompe d'alimentation est une pompe fou-

lante à simple effet; sa tige se trouvait sur le prolongement de la tige du piston du cylindre de la machine; l'alimentation était intermittente.

On a pour cette pompe les dimensions suivantes :

Course du piston.	$0^m,50$
Diamètre du corps de pompe.	$0^m,034$

Ce qui donne pour le volume engendré, par chaque coup de piston, $0^{lit},45$, et admettant 1/10 de déchet environ, on aurait $0^{lit},40$ pour la quantité d'eau introduite dans la chaudière pour chaque coup de piston.

Pour le cylindre de la machine, on a les dimensions suivantes :

Cours du piston.	$0^m,50$
Diamètre intérieur de la machine. .	$0^m,15$

Ce qui donne, pour le volume engendré par le piston à chaque course, $8^{lit},83$, et qui, pour la tension totale de la vapeur à 5 atmosphères, correspond à $0^{lit},023$ d'eau. Comme il y a une double course effective du piston du cylindre pour une seule course effective du piston dans la pompe, on a en définitive une consommation de $0^{lit},046$ d'eau pendant que la pompe en fournit $0^{lit},40$. La pompe fournissait donc au delà pour l'alimentation, et nous avons dit que cette alimentation était intermittente.

Le flotteur d'alarme était formé par un flotteur lenticulaire agissant directement, par son poids et par l'intermédiaire d'une chaîne, sur la tige qui ferme l'ouverture du sifflet. Un ressort à boudin maintient la tige appliquée contre l'orifice; ce ressort cède par excès de pression de la lentille lorsque le niveau de l'eau baisse, et l'orifice du sifflet se trouve alors démasqué.

La lentille est formée de deux calottes en tôle de cuivre, les bords de l'une repliés sur ceux de l'autre, et réunis par une soudure, ainsi que l'indique la figure 12. La lentille est remplie d'eau pour avoir une pesanteur spécifique convenable ; l'introduction s'en fait par une ouverture en *b*, que l'on ferme ensuite au moyen d'une vis attachée à la chaîne.

La lentille, après l'accident, portait une fente de 5 à 6 centimètres au point *a*, entrebâillée de quelques millimètres ; la soudure n'était pas entamée. Cette fente, telle qu'elle est après l'accident, paraît due au choc que la lentille aura éprouvé dans le mouvement de la chaudière ; mais n'en existait-il pas auparavant des traces, lesquelles auraient donné passage à l'eau contenue dans l'intérieur, et par là rendu inefficace l'action du flotteur sur le sifflet ? Quoiqu'il ne soit pas facile d'expliquer la manière dont serait survenue cette fente rudimentaire deux mois et demi seulement après la pose de cet appareil, on ne peut guère expliquer que par là le silence du flotteur d'alarme ; car il ne paraît pas que cet effet puisse être attribué au ressort, lequel, après l'accident, était en bon état.

Quoi qu'il en soit, sur ce point, la cause de l'accident n'est point douteuse ; elle est due à une injection d'eau sur les parois rougies de la chaudière : Antoine Côte, sur l'avertissement qui lui aura été donné par le sieur Druot, de faire attention à sa machine, trompé par le silence du flotteur d'alarme, aura ouvert le robinet de la pompe d'alimentation sans regarder le flotteur ordinaire indicateur du niveau de l'eau ; quelques instants après, l'explosion de la chaudière a été l'effet pro-

duit par cette manœuvre imprudente. Il paraîtrait que le mouvement par lequel Côte a mis en jeu la pompe d'alimentation n'aurait précédé que de quelques instants celui où le sieur Druot l'a arrêtée.

La surcharge constatée pour les soupapes de sûreté n'est intervenue en aucune manière dans la cause de l'accident.

Il y a seulement lieu de remarquer que la manière irrégulière dont cette chaudière paraît avoir été conduite, tant pour le feu que pour l'alimentation, avait préparé, ainsi que je l'ai indiqué, les chances d'une pareille explosion.

Dans ces circonstances, la cause de l'accident ne pouvant être attribuée à une violation formelle des prescriptions de l'ordonnance du 22 mai 1843, il me paraît qu'il y a lieu uniquement d'adresser le présent procès-verbal à M. le ministre des travaux publics, en appelant son attention sur la construction des flotteurs d'alarme de l'espèce de celui qui était placé dans la chaudière du sieur Druot.

RAPPORT

Sur l'explosion d'une chaudière à déféquer, dans la fabrique de sucre des sieurs Moreau frères, à Saint-Saulve (Nord);

Par M. COMTE, ingénieur des mines.

Informé par le bruit public qu'une chaudière à vapeur avait éclaté le 5 de ce mois dans la fabrique de sucre des sieurs Moreau frères, à Saint-Saulve, nous nous sommes rendus le 9 de ce mois à cette usine, aussitôt après avoir eu connaissance de l'accident.

La chaudière qui a fait explosion servait à la défécation du jus de betteraves; elle était à double fond. Le fond extérieur (*fig.* 13, *Pl. III*) était en fonte de $0^m,02$ d'épaisseur; le fond intérieur en cuivre rouge d'une épaisseur à peu près uniforme et égale en chaque point de 0^m003. Le diamètre de cette chaudière était de $1^m,38$, et les deux fonds avaient des flèches respectivement égales à $0^m,618$ et à $0^m,565$, de telle sorte qu'au point le plus bas de l'appareil, il existait $0^m,05$ de vide entre ces deux fonds.

La chaudière fonctionnait à retour libre, c'est-à-dire que la vapeur, après avoir produit son effet, et l'eau résultant de sa condensation, s'écoulaient par un tuyau communiquant librement avec l'atmosphère. Ce tuyau était pourvu d'un robinet au moyen duquel on réglait l'émission de la vapeur.

Le mardi, 5 de ce mois, vingt minutes environ après qu'on eut chargé la chaudière à déféquer, et

ouvert le robinet d'admission de vapeur, le fond intérieur en cuivre se déchira en se repliant sur lui-même; il y eut par suite projection d'une partie du liquide contenu dans l'appareil, et un ouvrier qui se trouvait à proximité a été brûlé par ce liquide. La vapeur, qui s'est nécessairement dégagée avec violence par l'orifice résultant de la fracture du fond, n'a produit d'autre effet que d'enlever quelques pannes de la toiture.

L'un des propriétaires de l'usine a constaté aussitôt après l'accident que le robinet d'émission était complétement fermé. La chaudière a donc supporté pendant vingt minutes une pression égale à celle des générateurs, c'est-à-dire une pression de trois atmosphères effectives à peu près : cette circonstance est la seule cause de l'explosion.

Aucun fragment du fond intérieur n'a été arraché de la chaudière. Le robinet qui réunit les deux fonds et sert à vider cette chaudière a résisté au choc. Le fond en cuivre s'est simplement déchiré (*fig.* 14) suivant une circonférence qui serait déterminée par un plan horizontal situé à $0^m,10$ environ au-dessous du collet. La fracture occupait à peu près le tiers de cette circonférence. Il est très probable que le fond intérieur, sous l'action de la pression qu'il supportait, aura d'abord été seulement déformé : il s'y sera produit une bosse, ainsi que cela arrive le plus ordinairement pour les chaudières à déféquer. Cet accident, passé inaperçu au moment où il a eu lieu, se sera aggravé par suite de la continuité de l'effort excercé à l'intérieur, et enfin le fond en cuivre, lorsqu'il a eu pris toute l'extension dont il était susceptible, se sera déchiré dans une direction normale à celle

des fibres infléchies et au point où il offrait la moindre résistance, c'est-à-dire près du collet, là où la courbure est moins prononcée et l'épaisseur en général plus faible.

La chaudière à déféquer qui a fait explosion ne remplissait aucune des conditions de sûreté prescrites; elle n'était pas autorisée, n'avait pas subi l'épreuve réglementaire, et n'était pas munie d'une soupape de sûreté. L'accident qui est arrivé, bien que déterminé par l'imprudence d'un ouvrier, doit donc être attribué à l'inexécution des mesures de sûreté qui sont précisément destinées à prévenir les effets de toute négligence de cette nature.

Les sieurs Moreau frères sont par conséquent responsables des blessures occasionnées par l'explosion de leur chaudière, et il y a lieu de les renvoyer devant le tribunal correctionnel de Valenciennes.

RAPPORT

Sur l'explosion d'un calorifère à eau chaude établi dans un appartement de la rue Louis-le-Grand, à Paris;

Par M. H. DE SÉNARMONT, Ingénieur des mines.

Un rapport de M. le commissaire de police du quartier de la place Vendôme a signalé à M. le préfet de police l'explosion d'un calorifère à circulation d'eau chaude, dans la maison située rue Louis-le-Grand, n° 33.

L'ingénieur des mines, soussigné, a visité les localités, et il résulte de son examen que ce calorifère, établi dans le système dit anglais, se compose de tuyaux de fer étiré de 13 millimètres de diamètre intérieur, et de 27 millimètres de diamètre extérieur, repliés en spirale dans un foyer, sur 1/5 de leur développement total; cette partie se trouve ainsi plongée au milieu de la flamme et du combustible en ignition. Le combustible se charge par le haut du fourneau, au moyen d'une trémie fermée par un bouchon. Pour faire place à la dilatation de l'eau, l'appareil est muni de tubes d'expansion; ceux-ci sont établis au sommet du parcours; leur longueur est le 1/00 du développement total des tuyaux, leur diamètre extérieur est de $0^m,08$ et intérieur de $0^m,06$; il en résulte que leur capacité est de 1/5 de la capacité de la circulation totale.

Pour faire fonctionner l'appareil, on le remplit d'eau par en bas, au moyen d'une pompe foulante, de manière à chasser l'air; un évent pratiqué au niveau de la partie inférieure des tubes d'expansion

et ces tubes eux-mêmes restent alors ouverts. Quand l'appareil est plein jusqu'à l'évent, on ferme celui-ci et l'on porte le liquide à l'ébullition; la vapeur chasse l'air des tubes d'expansion; ceux-ci sont hermétiquement fermés à leur tour, de sorte que le vide s'y produit chaque fois que l'appareil se refroidit, et que, quand il s'échauffe, ce vide se remplit de vapeur à une pression correspondante à la température, et laisse à l'eau toute la place nécessaire pour se dilater.

Pendant que l'appareil est en activité, l'eau chaude doit s'élever par le tube d'ascension, se refroidir dans les circulations horizontales, puis redescendre dans la partie en spirale où elle s'échauffe de nouveau pour recommencer le même mouvement. La cause déterminante de ce courant circulatoire est la différence de densité de l'eau chaude ascendante et de l'eau froide descendante.

Pour qu'un calorifère de ce genre puisse fonctionner, il est absolument nécessaire que l'eau se refroidisse avant de redescendre : sans cela les colonnes ascendante et descendante ayant la même densité, il n'y aurait aucune raison déterminante de mouvement. La circulation sera d'ailleurs d'autant plus rapide qu'il y aura plus de différence de niveau entre le point d'échauffement et les circulations horizontales dans lesquelles se fait la déperdition de chaleur. C'est pour cette raison que dans tous les calorifères bien construits, le foyer est à un étage inférieur aux appartements qu'il s'agit de chauffer.

Toutes ces conditions d'un bon établissement ont été négligées dans l'appareil de la maison située rue Louis-le-Grand, 33. Il y existe deux calorifères accouplés dans le même foyer; le fourneau est dans un cabinet au second étage : or le calori-

fère est destiné à chauffer ce second étage lui-même et quelques pièces seulement d'un étage supérieur pris en entresol. La différence maximum de niveau entre le foyer et les tubes d'expansion ne dépasse pas trois mètres, les circulations se trouvent d'ailleurs réparties comme il suit :

1er *Calorifère.* 8 mètres de circulation horizontale à 3 mètres au-dessus du niveau du foyer, 85 mètres au niveau de ce foyer, ou même à quelques centimètres au-dessous.

2e *Calorifère.* 25 mètres de circulation horizontale à 3 mètres au-dessus du niveau du foyer, 148 mètres au niveau de ce foyer, ou même à quelques centimètres au-dessous.

Les circulations au niveau du foyer n'étaient parcourues qu'après celles de l'étage supérieur; pour qu'elles chauffassent l'appartement, il fallait que l'eau y arrivât encore chaude, c'est-à-dire qu'il n'y eût qu'une différence insignifiante de température, et par conséquent de densité, entre les colonnes ascendante et descendante.

Il n'y avait donc aucune cause de circulation dans l'appareil; l'eau devait y prendre une température et la vapeur une tension excessivement élevées; aussi avant le dernier accident y a-t-on remarqué des fuites fréquentes. Enfin cet accident lui-même a été produit par une fuite qui a ouvert, sur 0m,20 de longueur, la soudure de l'un des tubes plongés dans le foyer. Le jet de vapeur a détruit une partie de la maçonnerie du fourneau; son expansion a brisé deux carreaux d'une porte vitrée, les cendres et les charbons ont été lancés avec l'eau chaude dans un corridor.

Cet accident pouvait causer des blessures dangereuses, si quelqu'un eût été présent; il n'a

sures de sûreté proposées, sans qu'il soit nécessaire d'en référer à l'administration supérieure.

Néanmoins, je pense qu'il est utile de communiquer le rapport qui précède et le présent avis à M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, parce qu'il importe que l'administration supérieure ait connaissance de tous les accidents survenus aux appareils qui sont assimilés aux chaudières à vapeur, et qu'elle soit ainsi mise à même de généraliser les mesures qui seraient adoptées dans le ressort de la préfecture de police, d'indiquer les modifications qu'elle jugerait utiles, et enfin de porter ces accidents à la connaissance du public par la publication dans les recueils qui sont publiés sous ses auspices.

Je crois être certain que tous les calorifères Perkins qui existent à Paris sont confectionnés avec des tubes en fer étiré de la fabrique de M. Gandillot, mais j'ignore si le sieur Gonsolin, demeurant rue Montmartre, 160, est le seul constructeur d'appareils de ce genre.

Il me paraît donc convenable qu'il soit pris des mesures pour soumettre les calorifères à petits tuyaux, dits à la *Perkins*, au régime de l'autorisation préalable.

Les mesures proposées dans le rapport de M. de Sénarmont ont été approuvées par M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, sur l'avis conforme de la commission des machines à vapeur.

MÉMOIRE

Sur l'exploitation des chemins de fer anglais;

Par M. A. CHEVALIER.

L'Angleterre possède en ce moment 2.730 milles, ou 4.395 kilomètres, de chemins de fer exploités. La dépense totale de leur établissement s'est élevée jusqu'ici à 81.571.657 livres sterling, ou 2.039.291.425 francs, dont le revenu brut dépassera cette année 200 millions.

Si l'on fait le calcul des lignes en construction, de celles nouvellement autorisées par actes du parlement, sans tenir compte des projets réservés pour les sessions à venir, on n'est pas fort éloigné de la vérité en avançant que la somme totale dépensée d'ici à quatre ou cinq ans, pour la construction des chemins de fer sur le sol de la Grande-Bretagne, sera d'environ 300 millions de livres sterling, ou 7 milliards et demi de francs. Alors l'Angleterre possédera 16.000 kilomètres de chemins de fer, c'est-à-dire autant que l'Amérique du Nord, dont la superficie est huit fois plus grande, en possède en ce moment, et trois fois plus que la France, à superficie presque double de celle de l'Angleterre, n'en possédera lorsque son réseau, dont plus des deux tiers restent à faire, sera exécuté tel qu'on entend l'établir.

Les lignes de chemins de fer, ai-je dit plus haut, rapportent en ce moment en Angleterre sur le pied de plus de 200 millions de recette brute par année; cela équivant à un revenu moyen et net de plus de 6 p. o/o, et explique aisément l'engouement du public anglais en leur faveur, engouement qui dans ces temps de crise occupe 300.000 hommes, tant pour l'exploitation des lignes établies que pour la construction des lignes nouvelles. On cessera d'ailleurs de s'étonner du chiffre prodigieux des sommes dépensées ou à dépenser par nos voisins pour ces voies merveilleuses de communication, si l'on réfléchit qu'en 1814, avec des ressources moindres qu'aujourd'hui, l'Angleterre a su trouver deux milliards de francs pour dépenses de guerre.

C'est par les efforts et le génie de l'industrie privée que le Royaume-Uni aura été couvert, en moins d'un quart de siècle, d'un réseau complet de chemins de fer. C'est par la science pratique de l'industrie privée que l'exploitation de ces lignes aura été amenée à un grand degré de perfection et de simplicité.

Ce qui distingue, en général, les affaires en Angleterre, sans parler de leur hardiesse et de leur étendue, c'est leur simplicité. C'est aussi par là que se distinguent les rouages de l'exploitation des lignes les plus importantes de ce pays.

Ayant eu l'occasion de visiter, à diverses reprises, les principaux chemins anglais, j'ai recueilli quelques notes particulières sur la manière dont y sont conduites les diverses branches du service de l'exploitation en général.

Sur l'avis de quelques amis à qui j'ai commu-

niqué certains documents réunis non sans peine, j'ai pris le parti de les publier sans aucune prétention; j'ai seulement l'espérance de fournir quelques données aux personnes qui s'occupent d'exploitation de chemins de fer.

En présentant donc ces notes, je compte sur l'indulgence de ceux qui, voulant bien prendre la peine de les parcourir, trouveront sans doute que j'aurais dû m'efforcer davantage de rattacher entre eux, par des transitions mieux ménagées, les divers sujets que je traite : je les présente tels que j'ai pu les observer, avec des lacunes inévitables, résultat d'un défaut de temps suffisant.

Je ne saurais terminer ces lignes d'introduction sans renouveler l'expression de ma reconnaissance à l'égard des hommes distingués qui ont bien voulu, en Angleterre, me consacrer un temps précieux pour m'aider de leurs conseils et mettre à ma disposition les lumières de leur expérience consommée.

CHAPITRE PREMIER.

ORGANISATION DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER ANGLAIS.

Division des services sur les chemins de fer anglais.

En Angleterre, l'exploitation complète d'un chemin de fer comprend au moins cinq grandes divisions bien distinctes :

1° Service à grande vitesse ;

2° Service à petite vitesse ;

3° Traction ;

4° Travaux, maintien de la voie et des stations.

5° Finances, comptabilité générale, économat, contrôle.

En tête de la hiérarchie se trouve placé le secrétaire qui est l'organe des directeurs et veille à ce que leurs décisions soient exécutées par chaque chef de division. Suivant les chemins, les attributions de chaque chef de division, et même du secrétaire, varient plus ou moins. En général, sur les grandes lignes, le chef de chaque service a une grande liberté d'action, mais aussi il en porte la responsabilité. Il a une grande latitude pour le choix, l'avancement ou le renvoi de ses employés; de là résulte beaucoup de fermeté dans la discipline, de simplicité dans les rapports hiérarchiques, et une action prompte dans le service.

Comité du London and Birmingham railway.

Sur le *London and Birmingham railway*, le nombre des divisions est plus grand que je ne viens de l'indiquer. Il est en réalité porté à sept, et les directeurs se partagent en autant de comités. 1° *Coaching and police committee*, ou comité du service de la grande vitesse et de la police de la voie : il se

rassemble une fois par semaine. Le chef de ce service est en réalité le chef d'exploitation. 2° *Goods' committee*, ou comité du service des marchandises : il se rassemble une fois par mois. 3° *Locomotive committee* : se réunit une fois par mois. 4° *Maintenance of way, works of road and stations committee*, ou comité des travaux de la voie et des stations : se réunit une fois par mois. 5° *Finances and stores committee*, ou comité de la comptabilité des finances et des provisions de l'économat : se réunit une fois par mois. 6° *Estate committee*, ou comité des biens, maisons et terres appartenant à la compagnie : se réunit une fois par mois. 7° *Audit* ou *check office committee*, ou comité du contrôle : se réunit une fois par mois. Les chefs de chaque service assistent aux réunions de leur comité. Le contrôle du *London and Birmingham railway*, qui y forme une division à part, exerce son action sur toutes les branches du service.

Contrôle du London and Birmingham railway.

Action du contrôle sur l'économat.

Toutes les recettes et toutes les dépenses, de quelque nature qu'elles soient, doivent subir l'examen du bureau de cette division. C'est la cour des comptes du chemin de fer.

Voici, par exemple, comment le contrôle intervient dans les opérations de l'économat :

Toutes les fois que l'économe (*storekeeper*) donne un ordre à un marchand ou fabricant, il ne le fait que parce qu'il y a été autorisé d'avance par son comité, ou parce qu'il sait qu'il en sera approuvé. Il transcrit son ordre sur un livre d'ordres (*book of orders*) et le présente à la première réunion du comité, pour le faire signer et ratifier.

Quand le marchand ou fabricant veut être payé, il porte ou envoie sa facture au *storekeeper* pour

qu'il certifie la nature et la quantité de ce qui est spécifié sur la facture; elle est alors portée au caissier central (*treasurer*) qui fait un mandat (*check*) sur les banquiers de la compagnie. Ce *check* est échangé contre la facture que le *treasurer* envoie au contrôle pour être examinée. L'examen du contrôle a pour but : 1° de vérifier si la commande du *storekeeper* a été faite d'après un ordre autorisé ou accepté du comité; 2° si les quantités et les prix sont conformes à l'ordre; 3° si le compte n'est pas payé deux fois; 4° si le *storekeeper* se débite sur son grand-livre (*store-ledger*) de toutes les marchandises reçues.

Le livre d'ordres du *storekeeper*, qui est à la disposition du contrôle, montre immédiatement si l'ordre en question avait été approuvé du comité et si les quantités et les prix portés sur la facture y sont conformes; immédiatement après cette vérification, l'ordre qui a été ainsi exécuté est marqué (*ticked off*) d'une marque particulière (*V*) par le contrôle. La facture est numérotée et collée sur un registre *ad hoc*, appelé *skeleton book*. Chaque ordre est numéroté progressivement, et immédiatement après la vérification, on place au-dessous du numéro de chaque ordre, le numéro de la facture et celui de la page du *skeleton book* où elle est collée; et sur celle-ci, au contraire, le numéro de l'ordre et de la page du livre où il est inscrit.

De la sorte, on peut, soit avec l'ordre, retrouver la facture, soit avec la facture, retrouver l'ordre qui y a donné lieu. Il en résulte qu'il est facile de s'assurer au contrôle si un compte qui lui est renvoyé a déjà été payé. Quant au quatrième point, celui de s'assurer si le *storekeeper* se débite de

toutes les quantités qu'il reçoit, son grand-livre est à tout moment à la disposition du contrôle qui vérifie au fur et à mesure les entrées des factures qui lui sont envoyées par le trésorier.

Tous les six mois un inventaire des *stores* ou provisions est fait par le *storekeeper*. Il joint, à l'appui de sa situation, les reçus qu'il doit exiger pour tout ce qu'il livre; ces divers reçus et sa balance doivent le créditer d'autant qu'il est débité.

Le contrôle vérifie aussi les feuilles de paie de tous les services; ils doivent le tenir au courant de toutes les mutations et augmentations avec les visas des chefs compétents.

Le contrôle vérifie les feuilles de paie de tous les services.

Malgré la multiplicité de leurs opérations, les bureaux du contrôle du *London and Birmingham railway* ne comptent que 16 employés et 3 surnuméraires, travaillant en moyenne 8 heures par jour.

Nombre des employés du contrôle.

Billets de voyageurs. — Service des voyageurs.

Le système des billets est uniforme sur les chemins anglais, y compris le *Great-Western* qui, jusqu'à l'an dernier, avait conservé les billets à souche. Sur toutes les lignes on ne se sert plus que des billets connus sous le nom d'*Edmondson's patent*; ce sont les petites cartes que l'on sait être en usage sur le chemin de Rouen. On m'a dit qu'un receveur exercé (*booking officer*) peut en distribuer 1.400 par heure. Partout les receveurs m'ont déclaré trouver ce mode de distribution de billets très-commode et préférable à tout ce qu'ils avaient connu auparavant. *Captain Laws* du *Manchester and Leeds* me disait l'an dernier que sur son chemin, où il circule en moyenne

Uniformité des billets sur les lignes anglaises.

Le système d'Edmonson a partout la préférence.

Avantages reconnus par le Leeds and Manchester railway.

6.500 voyageurs par jour, la distribution des billets d'une part et le contrôle de route d'autre part, avaient été considérablement facilités par les cartes d'*Edmondson*. La fraude la plus fréquente consistant à dépasser la station pour laquelle on s'est fait délivrer un billet; il affecta une couleur différente aux cartes de chaque station; de la sorte, le contrôleur à la sortie put désormais s'assurer d'un clin d'œil si le voyageur avait dépassé sa destination.

Contrôle des opérations du receveur des billets.

Les billets d'*Edmondson* donnent aux voyageurs toute facilité, soit pour les conserver en route, soit pour les laisser contrôler rapidement par les employés du chemin de fer; leur émission par le receveur peut être suivie jour par jour par le bureau du contrôle *check* ou *audit office*, qui n'a besoin pour cette opération importante que de deux ou trois employés, sur une grande ligne.

Ces billets sont fabriqués, numérotés, imprimés et comptés très-rapidement, par moyens mécaniques, dans les bureaux mêmes du contrôle.

Le chef du bureau du contrôle les expédie aux receveurs aux billets de chaque station qui sont *débités* de ce qu'on leur envoie et *crédités* au fur et à mesure de leurs distributions dont ils doivent chaque jour envoyer le montant à la caisse centrale. Pour la facilité des vérifications, les billets sont distribués *par ordre numérique*: ils sont comptés et mis encore *par ordre numérique* dans les bureaux du contrôle, où on les envoie après qu'ils ont été reçus des mains des voyageurs : cela sert, d'une part, à vérifier les opérations du receveur, et de l'autre, à empêcher qu'il ne soit trompé lui-même par ses commis. Si le contrôle trouve par exemple que le numéro d'un billet ne suive

pas l'ordre progressif de sa série, il en demande l'explication immédiate. Il y a eu dans le commencement de l'adoption du système d'*Edmondson* plusieurs exemples de fraude, mais elles ont été presque immédiatement découvertes; aussi sont-elles extrêmement rares maintenant.

A Londres, dans les bureaux du *London and North-Western*, où l'on délivre des billets pour 24 trains depuis 6 heures du matin jusqu'à 10 heures du soir, non-seulement pour toutes les stations de Londres à Lancastre, mais encore pour toutes les villes *au delà* (*through traffic*), on compte 7 commis, 2 surnuméraires et 1 caissier.

Billets distribués sur le London and North-Western.

Les commis se relèvent de manière à passer alternativement par les heures avantageuses et désavantageuses de la journée. La durée moyenne du travail journalier est de huit heures. Le nombre des billets différents que les commis du *booking-office* de Londres peuvent avoir à distribuer est de 551.

Entre Londres et Birmingham, les stations sont divisées en trois classes. Tous les trains s'arrêtent aux stations de première classe; l'on peut y prendre des billets, non-seulement pour les stations diverses du *London and North-Western*, mais encore pour les villes *au delà*, telles que *Derby*, *Leeds*, *York*, *Hull*, *Newcastle*, *etc.* Dans les autres stations, les billets distribués sont en moins grand nombre. Dans les plus petites stations on ne distribue pas de billets au delà de distances assez rapprochées et le nombre des différents billets ne dépasse pas 60.

Billets de retour.

L'usage des billets d'aller et de retour le même jour ou les jours suivants (*return or day tickets*) est fort répandu sur les chemins anglais; leur prix est d'un tiers moins élevé que l'ensemble des prix

d'aller et de retour, quand on prend un bille
chaque fois.

Billets de saison.

Le *London and North-Western* donne mêm la faculté de voyager à moitié prix lorsqu'on pren un billet pour une période de deux mois ou au-dessus (*season tickets*).

Les enfants au-dessous de dix ans paient moiti prix; ceux qui sont tenus dans les bras et tro jeunes pour marcher ne paient point.

Contrôle des billets au départ et en route.

Les billets sont, en général, contrôlés au dépar par un *porter* désigné à cet effet. A divers point de la route, ils sont encore examinés par des *porters* ou d'autres employés. Sur certains chemins comme le *Manchester and Leeds*, les conducteur contrôlent pendant la marche des trains. Ils ne reçoivent jamais de surplus eux-mêmes, mais signa lent les délinquants à la première station.

Protection que les lignes anglaises reçoivent de la loi.

La loi anglaise arme les compagnies de pouvoirs complets pour les protéger contre les fraude que certains voyageurs pourraient être tentés d commettre à leur égard. Voici la clause légale ce sujet pour le *Newcastle and Darlington junction railway*, clause qui est analogue pour le autres lignes :

« Toute personne qui voyagera dans une voi
» ture de la compagnie sans avoir préalablemen
» payé sa place et avec l'intention de ne point l
» payer, ou toute personne qui, après avoir pay
» sa place pour une certaine distance, continuer
» sciemment et volontairement sa route au del
» sans avoir l'intention de payer le surplus, o
» bien, toute personne qui en arrivant à la statio
» jusqu'où elle a payé sa place, refusera ou négl
» gera sciemment de descendre de voiture, tell
» personnes, pour chaque pareil délit, seront pa

sibles d'une amende n'excédant pas 40 schellings. » (La distance entre Newcastle et Darngton est de 38 milles 1/2 et le prix de première asse entre ces deux villes est de 9 schellings.)

« Toute personne qui sera prise, soit sur le fait du délit susmentionné, soit après l'avoir commis, pourra être légalement saisie et détenue par les employés ou serviteurs de la compagnie, ou par toutes personnes agissant en son nom, ou par les constables, geôliers et officiers de paix, jusqu'à ce qu'on puisse, dans un délai raisonnable, traduire le délinquant devant quelque tribunal compétent, ou bien jusqu'à ce qu'il soit relâché, après due exécution de la loi. »

Express-trains ou trains rapides.

Les billets pour les trains de malle de jour et our les trains désignés sous le nom d'*expressains*, se paient plus cher que les billets anagues pour les autres trains. Sur la plupart des emins à petite largeur (*narrow-guage*), ces ains ne comportent que des premières classes. r le *Great-Western*, on transporte par les *cpress* des voyageurs de première et deuxième asse.

Le prix des places de l'express-train est plus élevé que celui des places correspondantes des trains ordinaires.

L'augmentation de prix pour aller par l'*express-train* varie sur le *Great-Western* de 7 14 p. o/o du prix des trains ordinaires, sans oir égard à la distance à parcourir.

Sur les chemins à petite largeur, l'augmentation prix pour aller par l'*express-train*, est génélement plus grande.

Sur le *London and North-Western*, elle varie tre 20 et 30 p. o/o, et s'abaisse à mesure que distance augmente.

Sur le chemin entre *Londres et Douvres*, les fférences de prix de l'*express-train*, avec le

prix des autres trains, sont proportionnellement à peu près les mêmes pour toutes les stations. Elles varient entre 20 et 25 p. o/o du prix ordinaire.

Sur le chemin de *Londres à Southampton*, les augmentations de prix de l'*express-train* varient de 33 à 46 p. o/o, suivant les stations.

Sur le *Manchester and Leeds*, les prix de l'*express-train* sont les mêmes que pour les autres trains; il y a trois *express-trains* dans chaque sens par jour. La distance entre les deux points extrêmes n'est que de 60 milles; elle se parcourt en deux heures un quart, ce qui ne fait qu'une vitesse de 26 milles 2/3 à l'heure ou 42 kilomètres, arrêts compris; tandis que sur les autres chemins la vitesse des *express-trains* est d'environ 37 milles à l'heure, arrêts compris, c'est-à-dire de 59 kilomètres à l'heure. Celle des trains ordinaires varie de 20 à 25 milles, soit de 32 à 40 kilomètres à l'heure, arrêts compris.

Sur le *Great-Western*, la vitesse moyenne des trains ordinaires est de 26 milles, soit 42 kilomètres à l'heure, arrêts compris. La vitesse des *express-trains* y est de 43 milles, soit 68 kilomètres à l'heure, arrêts compris. En général, les arrêts aux stations sont plus longs sur le *Great-Western* que sur les lignes à petite largeur.

Origine des express-trains.

On sait que l'origine des *express-trains* est due à la concurrence qui s'est établie il y a environ deux ans en Angleterre, entre le *Great-Western* et les autres lignes sous le rapport de la vitesse. Les partisans du *narrow-guage* ont soutenu qu'ils pouvaient, en toute sécurité pour le public, obtenir des vitesses équivalentes à celles du *Great-Western*; il est certain qu'ils s'en rapprochent; mais

Brunel fait construire en ce moment à *Swindon* s machines dont les roues auront 8 pieds, avec quelles il se propose, m'a-t-on dit à *Swindon*, franchir la distance entre *Londres* et *Exeter*)3 milles ou 309 kilomètres) en trois heures et nie au lieu de quatre heures et demie, comme e fait depuis longtemps par l'*express-train*. Il vrai de dire aussi que l'on construit en ce mont à Newcastle, dans les ateliers de M. Stephen-, des machines dont les roues motrices auront ieds de diamètre et dont on attend des vitesses trains surpassant tout ce qui existe aujourd'hui le *narrow-guage*.

Projets d'accroissement de vitesse.

Le public anglais est évidemment en faveur *express-trains* : les voitures sont en général tes remplies jusqu'à la dernière place. Dans igine de ces trains rapides, le nombre des voies que l'on plaçait sur le *London and Birmingn*, était d'environ cinq, plus un wagon à baes. Aujourd'hui, vu l'augmentation toujours ssante des voyageurs qui préfèrent l'*express*, ombre des voitures de ce train est doublé sur lignes principales. La vitesse en a été un peu inuée, mais la stabilité du train sur la voie en é augmentée. Il y a moins de sécurité dans un n rapide, lorsqu'il se compose d'un petit nbre de voitures, que lorsque ce train en cont un plus grand nombre ; les oscillations latés et la chance des accidents auxquels elles vent donner lieu, sont diminuées dans le der- r cas. Aussi, lorsque la reine voyage, on a tours le soin d'ajouter plus de voitures qu'il n'en t pour contenir la famille royale et sa suite.

Le public anglais est en faveur des express-trains.

Si l'on récapitule ce qui a été dit sur les diverses èces de trains et les divers modes d'abonne-

Neuf classes de billets sur le Great-Western.

ments sur les chemins anglais, on trouve que sur le *Great-Western*, par exemple, il y a 9 classes de billets, première, deuxième et troisième pour les trains ordinaires; première et deuxième pour aller et revenir avec un seul billet par les trains ordinaires; première et deuxième pour *express-trains*, première et deuxième pour aller et revenir par l'*express-train* avec un seul billet; ce qui fait bien en tout 9 sortes de billets.

Nombre de billets différents sur le London et North-Western et le Great-Western.

La totalité des billets différents distribués sur la ligne du *London and North-Western*, y compris les billets émis pour les au delà, est, m'a-t-on dit, de 18.497. Sur le *Great-Western*, le nombre des billets différents doit être près de ce chiffre. Si chacune des 50 stations entre *Londres* et *Exeter* distribuait des billets pour les 49 autres, le nombre total des billets différents sur cette ligne serait de $50 \times 49 \times 9 = 22.050$. La quantité considérable de billets différents, dont le *Great-Western* avait besoin pour son exploitation, ne l'a pas empêché d'adopter le système d'*Edmondson*, ou plutôt, c'est à cause de cette variété qu'il a été obligé d'abandonner les billets à souche pour adopter un mode de distribution de billets plus facile et plus commode sous tous les rapports.

Bagages.

Poids alloué aux voyageurs des diverses classes.

Les bagages, soit au départ, soit à l'arrivée, ne causent ni embarras ni retard, bien qu'en général, sur les diverses lignes, on alloue jusqu'à 100 livres anglaises, soit 45 kilog., aux voyageurs de première et de deuxième classe, et 56 livres ou 25 kilog. aux voyageurs de troisième classe.

Cela tient d'abord à ce qu'en général les Anglais voyagent avec peu de bagages, et transpor

tent, en moyenne, au-dessous de ce qui leur est alloué; en outre, les bagages ne sont point enregistrés.

Sur quelques lignes, afin d'éviter des erreurs de la part des employés des stations intermédiaires, on a la précaution de coller sur les bagages leur destination. C'est ce qui se pratique sur le *Great-Western* et en général sur les lignes situées au sud de *Londres*. Voici la forme et le contenu d'une de ces étiquettes (1) :



A l'arrivée, l'octroi, qui est inconnu en Angleterre, ne vient point arrêter le voyageur. Les bagages sont descendus en présence des voyageurs, soit du sommet des voitures où ils sont placés, soit des fourgons à bagages, lorsqu'il y en a dans le train. Chacun prend ce qui lui appartient, et ce mode très-expéditif ne donne lieu à aucune

(1) La traduction de cette étiquette est littéralement : « *Great-Western railway*.— Bagage de voyageur. — De Paddington à Slough. » On sait que Paddington est le nom du quartier de la ville de Londres où se trouve la gare du *Great-Western*.

Comment la distribution des bagages aux voyageurs est facilitée.

confusion; il est rare que des bagages soient égaré ou volés. Ce qui en facilite beaucoup la livraiso sur les lignes situées au nord de Londres, c'es que l'on vise, autant que possible, à diviser le bagages des voyageurs de toutes classes sur le voitures de première classe, suivant leur provenance et leur destination, qui sont indiquées pa de petites enseignes volantes fixées aux voitures de sorte qu'à l'arrivée les voyageurs savent d'avance où se trouvent leurs effets. Les facteur (*porters*) sont en général nombreux et actifs dan les stations un peu importantes. Les uns descendent les bagages pendant que les autres enlèven ceux qui sont reconnus par les voyageurs, pou les transporter soit aux voitures, soit aux omnibus, en attente à quelques pas seulement d quai d'arrivée.

Hommes d'équipe, facteurs, graisseurs.

Les porters sont à la fois hommes d'équipe, graisseurs, facteurs.

Les fonctions indiquées par les dénomination en tête de ce paragraphe sont remplies par un seule et même classe d'employés désignés en Angleterre sous le nom de *porters*. Les trains n sont point accompagnés de graisseurs, mais à chaque station de première classe un ou plusieur *porters* sont chargés de visiter les trains et de le graisser.

Division des porters de la gare d'Euston-Square à Londres en 4 brigades.

A la seule station de Londres, le nombre de *porters* du *London and Birmingham railway* est d 180; ils sont divisés en quatre brigades ou *gang* de 45 hommes chacune, commandées par un che

Rapidité des manœuvres.

et un sous-chef. Cette grande quantité d'employé permet de suffire aux arrivées successives de plusieurs trains dans l'intervalle de quelques minute J'ai vu, dans l'intervalle d'un quart d'heure, re

cevoir trois trains de voyageurs sur le même quai, les voitures étant chaque fois retirées et mises sur les voies de réserve pour laisser libre le quai d'arrivée.

Le principal est, comme on le voit, de mettre tout à la fois un grand nombre de bras à l'exécution des manœuvres pour les accomplir rapidement. Le travail est bien divisé; chacun sait d'avance ce qu'il doit faire : les *foremen* et *underforemen* se mettent eux-mêmes à l'œuvre et ainsi tout marche vite; c'est la méthode que l'on emploie aussi dans les *docks* de *Liverpool*. En visitant les *Prince Albert's docks* j'ai vu la fin du déchargement d'un navire qui avait apporté trois mille caisses ou paquets divers, et qui, commencé à deux heures, était terminé à cinq heures; 60 hommes avaient fait cet ouvrage.

Débranchement sur la voie de départ des trains, immédiatement après leur arrivée à la fin du voyage.

Souvent il arrive qu'aussitôt après la descente des voyageurs et la livraison des bagages, une machine débranche le train vide pour le placer sur le quai de départ afin de servir à celui des 24 trains descendants dont l'heure est venue. Les *porters* se mettent alors en toute hâte à nettoyer l'intérieur et l'extérieur des voitures, à visiter les boîtes à graisse, les ressorts, les écrous, les tiges des tampons et les cuivres. Les hommes ne pourraient résister à un service aussi actif toute la journée. Aussi divise-t-on le temps de leur travail de manière à leur laisser des repos très-suffisants; voici comment les temps de présence des 4 *gangs* à la gare sont divisés pour la semaine.

Organisation du travail des quatre brigades de porters de la gare de Londres.

BRIGADES.	LUNDI.	MARDI.	MERCREDI.	JEUDI.	VENDREDI.	SAMEDI.
N° 1.	De 5 h. du matin à 1 heure, et de 5 h. du soir à 10 heures.	De 7 h. du matin à 5 h. 1/2 du soir.	De 4 h. du matin à 11 h. 1/2, et de 6 h. du soir à 11 h. 1/2.	De 9 heures 1/2 du matin à 9 heures 1/2 du soir.	De 5 h. du matin à 1 heure, et de 5 h. du soir à 10 heures.	De 7 h. du matin à 5 h. 1/2 du soir.
N° 2.	De 4 h. du matin à 11 h. 1/2, et de 6 h. du soir à 11 h. 1/2.	De 9 heures 1/2 du matin à 9 heures 1/2 du soir.	De 5 h. du matin à 1 heure, et de 5 h. du soir à 10 heures.	De 7 h. du matin à 5 h. 1/2 du soir.	De 4 h. du matin à 11 h. 1/2, et de 6 h. du soir à 11 h. 1/2.	De 9 heures 1/2 du matin à 9 heures 1/2 du soir.
N° 3.	De 9 heures 1/2 du matin à 9 heures 1/2 du soir.	De 5 h. du matin à 1 heure, et de 5 h. du soir à 10 heures.	De 7 h. du matin à 5 heures du soir.	De 4 h. du matin à 11 h. 1/2, et de 6 h. du soir à 11 h. 1/2.	De 9 heures 1/2 du matin à 9 heures 1/2 du soir.	De 5 h. du matin à 1 heure, et de 5 h. du soir à 10 heures.
N° 4.	De 7 h. du matin à 5 heures du soir.	De 4 h. du matin à 11 h. 1/2, et de 6 h. du soir à 11 h. 1/2.	De 9 heures 1/2 du matin à 9 heures 1/2 du soir.	De 5 h. du matin à 1 heure, et de 5 h. du soir à 10 heures.	De 7 h. du matin à 5 h. 1/2 du soir.	De 4 h. du matin à 11 h. 1/2, et de 6 h. du soir à 11 h. 1/2.

Le dimanche, les trains partant ou arrivant sont réduits à 7. En conséquence, les brigades se reposent alternativement, par couple, chaque dimanche. Ainsi, pendant que les brigades 1 et 3 sont de service un dimanche, les brigades 2 et 4 se reposent, et réciproquement.

(Le repos du dimanche, consacré par les mœurs anglaises, a une influence plus grande qu'on ne se l'imagine sur le travail de la semaine. Des employés qui ont un jour de repos sur sept ou au moins sur quinze sont plus aptes à une besogne absorbante que ceux qui ne connaissent ni dimanches ni fêtes et n'ont point la perspective bienfaisante des repos périodiques.)

Nomination des porters. Les *porters* sont nommés par le chef du service des voyageurs (*superintendent of the coaching department*) qui est aussi désigné comme le *general superintendent*.

Latitude d'action des chefs de service. Les chefs de service nomment eux-mêmes leurs employés et les renvoient ou les font avancer quand ils le jugent nécessaire. On leur laisse à cet égard une grande latitude d'action et par contre une grande responsabilité. Les *porters* sont en général une classe d'hommes dociles, actifs et laborieux. On exige qu'ils sachent lire et écrire, surtout lorsqu'ils doivent faire partie des petites stations; la première année on leur donne 18 schellings, soit 22 fr. 50 c. par semaine. La deuxième année, ils reçoivent 19 schellings, soit 23 fr. 75 c.; enfin, à partir de deux ans de service, ils touchent 1 livre ou 25 fr. par semaine. En outre, s'ils se sont fait remarquer par une bonne conduite, par beaucoup de politesse et d'égards vis-à-vis des voyageurs, on leur remet à la fin de l'année, à Noël (*Christmas*), un présent équivalent à 2 ou 3 livres sterling.

Salaire des porters.

Encouragements.

Les porters sont habillés aux frais de la compagnie.

C'est ce qu'on appelle *conduct money*. Ce n'est pas tout : les *porters* sont en outre habillés par la compagnie. Leur costume se compose d'une casquette, d'une veste longue, d'un pantalon et d'un gilet en velours de coton olive. A Noël, chaque année, on leur remet un habillement complet, plus une paire de souliers. Au mois de juillet, encore des pantalons et des souliers.

Policemen.

Fonctions diverses des policemen. Ils sont garde-lignes, garde-barrières, aiguilleurs, constables.

Les fonctions des *policemen* sont multiples : ils sont garde-lignes, garde-barrières, aiguilleurs, sont chargés de faire les signaux convenables et sont assermentés pour maintenir l'ordre et empêcher les intrusions sur la ligne ou dans les stations.

Choix de ce personnel.

On cherche autant que possible à prendre, pour remplir ces fonctions, des hommes dont le caractère, ou la profession antérieure, donne des garanties satisfaisantes ; ils sont choisis et nommés par le chef de l'exploitation, mais leur nombre est fixé d'avance par le comité de l'exploitation.

Salaire des policemen.

Habillement des policemen aux frais de la compagnie.

Les *policemen* sont payés comme les *porters*, savoir : 18 schellings la première année, 19 la deuxième et 20 la troisième. Ils sont, en outre, habillés. On leur donne chaque année, à Noël, un habit vert à collet droit, forme militaire, boutons métalliques blancs, pantalon, gilet, chapeau et bottes. En juillet, une paire de bottes et un pantalon ; tous les deux ans, un surtout (*great coat*).

Encouragements

Ils reçoivent à Noël un présent qui varie de 3 à 5 livres sterling lorsqu'ils se sont fait remarquer par leur assiduité durant toute l'année. Chaque poste de *policeman* est gardé jour et nuit. Il y a deux *policemen* affectés à chaque poste, ils font alternativement le service de nuit. Le changement

s'opère chaque semaine de la façon suivante : le lundi le *policeman* A, qui a fait le service de nuit, est relevé comme d'habitude le matin par le *policeman* B qui a fait le service de jour. A va dormir jusqu'à midi, heure à laquelle il revient relever le *policeman* B, qui va se reposer jusqu'à 6 heures 1/2 du soir pour prendre désormais le service de nuit. La semaine suivante, les choses se passent dans le sens inverse, et ainsi de suite.

Comment les policemen alternent le service de surveillance de jour avec celui de nuit.

Voici quelles sont, sur le *London and Birmingham railway* les devoirs généraux des *policemen*.

Règlement des policemen.

Tout *policeman* en service doit, au passage d'une machine ou d'un train, se tenir sur la ligne en dehors des rails et faire le signal convenable (1).

Chaque *policeman* reçoit de la compagnie un sifflet qui lui permet d'appeler l'attention du *policeman* voisin pour la transmission d'un signal, et cette transmission doit être considérée comme non effectuée tant qu'elle n'a pas reçu son exécution.

Les *policemen* placés aux stations intermédiaires ou près des tunnels doivent prêter la plus grande attention à la manœuvre des *signaux fixes* dont ils sont chargés, conformément aux instructions imprimées.

Arrêt d'un train de voyageurs à une station.

Lorsqu'un train de voyageurs s'arrête à une station, le ou les *policemen* de service doivent s'assurer que les signaux d'arrière et de côté sont allumés, et dans le cas contraire, ils doivent en informer le conducteur du train ainsi que le chef de la station ou l'employé de service qui le remplace.

Voitures ou wagons laissés à une station intermédiaire.

Si une ou plusieurs voitures ou wagons sont laissés par un train sur la voie, à une station, le

(1) Les détails qui concernent les *policemen* seront plus clairs lorsqu'on aura lu le chapitre des *signaux* qui commence page 362.

policeman doit veiller à ce qu'on les place dans l'évitement, immédiatement après le départ du train. Toute machine s'arrêtant à une station, doit aussi passer sur l'évitement, excepté le cas où elle prend de l'eau; sous aucun prétexte, le machiniste ne peut quitter sa machine pendant qu'elle est placée sur la voie principale.

Machine locomotive arrêtée à une station.

Train de marchandises ou de charbon arrêté à une station.

Lorsqu'un train de marchandises ou de charbons s'arrête à une station, le *policeman* de service doit demander au conducteur à quelle station suivante le train doit s'arrêter, afin de pouvoir l'apprendre au conducteur et au mécanicien de tout train qui viendrait à arriver dans les cinq minutes suivantes dans l'intervalle desquelles il serait naturellement arrêté par le signal *rouge* tourné à cet effet par le *policeman*.

Temps de brouillard.

Cette précaution est surtout recommandée durant un brouillard. Dans ce cas, le *policeman* conservera le signal *rouge* tourné pendant dix minutes au lieu de cinq, après le passage d'un train, et ensuite il laissera le signal *vert* de précaution tourné pendant cinq autres minutes. Lorsqu'un train vient à arriver moins de cinq minutes après le départ d'un autre et s'arrête par la vue du signal *rouge*, le *policeman* ne doit pas le retenir, mais simplement informer le mécanicien et le conducteur de la nature du train qui le précède et de combien ils sont précédés.

S'il est nécessaire d'arrêter un train à une station et de le retenir, le *policeman* doit inviter le mécanicien à avancer jusqu'à ce que le train tout entier ait dépassé le signal fixe. Cette précaution est nécessaire pour faire que toute machine arrivant puisse s'arrêter au signal fixe sans risque de collision contre le train déjà arrêté.

Lorsqu'un train arrêté à une station est trop long pour qu'il soit possible de dépasser le signal fixe, le *policeman* doit aller en arrière avec son signal *rouge* à une distance suffisante pour qu'il soit bien remarqué par le mécanicien de toute machine qui viendrait à arriver.

Aux embranchements de la ligne principale avec le *Midland* à *Rugby*, avec le *Bedford* à *Bletchley*, avec le *Aylesbury* à *Cheddington*, avec le *Peterborough* à *Blisworth* et le *Leamington* à *Coventry*, il se trouve des signaux fixes ordinaires qui ont, en outre, sur leur mât une planche *rouge* pour le jour et une lumière *rouge* pour la nuit. Le *policeman* doit tenir constamment ce dernier signal tourné vers l'embranchement afin d'arrêter tout train venant de ce côté et l'empêcher de passer sur la ligne principale jusqu'à ce qu'il soit assuré qu'elle est libre, auquel cas il efface le signal *rouge* du côté de l'embranchement pour le présenter, au contraire, contre la voie principale. **Signaux aux embranchements.**

Les *policemen* doivent se rappeler que, sauf des cas extraordinaires, les trains réguliers seuls circulent durant les temps de brouillard.

Chaque *policeman* étant muni d'une boîte de signaux pétards (1) disposés pour être fixés sur les rails en temps de brouillard, il doit en faire usage, le cas échéant, en sus de son *signal rouge;* et toutes les fois qu'une machine passe sur un ou plusieurs de ces pétards, le mécanicien doit s'arrêter aussitôt que possible au bruit de la détonnation. **Chaque policeman est muni de signaux détonnants.**

Lorsqu'un *policeman* est chargé de manœuvrer des aiguilles, il doit avoir le soin de les tenir propres et huilées, et toutes les fois qu'un train **Manœuvre et soin des aiguilles.**

---

(1) Voir le chapitre relatif aux *signaux*, page 373.

les a traversées, il doit s'assurer qu'aucun morceau de coke, ou autre objet quelconque, ne s'est interposé entre les pointes, de manière à les empêcher de se fermer parfaitement. Il doit s'assurer aussi que les aiguilles ont bien repris leur position normale, et lorsqu'il a à aiguiller un train, il doit d'abord essayer les aiguilles pour s'assurer qu'elles fonctionnent bien.

Passage à niveau.

Lorsqu'une barrière est confiée à un *policeman* sur un passage à niveau, il doit constamment tenir cette barrière fermée et ne l'ouvrir, pour laisser passer les voitures sur la route, qu'autant qu'il s'est assuré qu'il n'y a pas de train qui arrive dans l'un ou l'autre sens.

Chaque *policeman* a la responsabilité de la lampe de son signal fixe et de la lampe à main : il doit s'assurer qu'elles sont en bon état et les nettoyer et préparer chaque jour de manière à ce qu'elles donnent des lumières très-distinctes.

Les *policemen* ne doivent point permettre aux étrangers de circuler sur la ligne sans un ordre écrit du secrétaire de la compagnie ou du *general superintendent*, et ils doivent, en tous temps, se conformer aux ordres particuliers que les chefs de station peuvent juger nécessaire de leur donner.

Surveillance de la gare de Londres.

A la seule station de Londres, près *Euston-square*, il y a 12 *policemen* pour la surveillance de la gare et de ses environs. Ils passent les nuits alternativement, par semaine, comme je l'ai indiqué plus haut. Six sont de service le jour et six la nuit.

Entre la station des voyageurs de Londres et celle de *Camden-town* qui est destinée aux marchandises, la police du chemin compte 68 employés pour le service de la surveillance de ces

deux gares et de la voie placée entre elles ainsi que pour la manœuvre des aiguilles.

Inspecteurs de police.

Le nombre des *policemen* entre Londres et Birmingham est de 300. La ligne, en ce qui les concerne, est partagée en 7 districts; chaque district est surveillé par un inspecteur (*police-inspector*); enfin, les 7 *police-inspectors* sont sous les ordres d'un chef de police du chemin (*police-superintendent*). Le chef de la police envoie tous les matins à chaque *police-inspector* une passe ou permis de circuler sur les trains, qui indique par quels trains il doit se transporter à telle ou telle station et quelles portions de son district il doit successivement visiter à pied. Ces permis de circulation sont transmis chaque jour au *police-superintendent* avec l'indication des heures auxquelles ils ont été reçus des mains des inspecteurs.

Division de la ligne de Londres à Birmingham en sept districts.

Inspection des districts.

Chaque *police-inspector* doit faire un rapport journalier à son chef. Un extrait de l'ensemble des rapports est envoyé par ce dernier au chef de l'exploitation (*general superintendent*), qui lui-même transmet à son comité de direction, aux jours de réunion, les cas importants qui pourraient mériter de lui être signalés.

Les inspecteurs ne savent jamais à l'avance à quelle heure ils parcourront telle ou telle portion de leur district. Les choses sont arrangées de façon qu'ils le parcourent chaque jour à peu près deux fois, soit à pied soit sur les trains. Ils font en moyenne 10 milles à pied par jour, soit 16 kilomètres : les *policemen* sont donc, par conséquent, toujours tenus en alerte.

Salaire et habillement des inspecteurs de police.

Les inspecteurs de la police sont habillés comme les *policemen*, sauf un liseré d'argent qui les distingue : ils reçoivent, suivant leurs services, de 25 à 30 schellings par semaine.

Voici quels sont les ordres généraux des inspecteurs de police :

Règlement de service des inspecteurs de police.

Chaque inspecteur doit parcourir à pied son district une fois par jour et faire à son chef un rapport sur toute irrégularité qu'il pourrait remarquer dans le service.

Chaque inspecteur doit s'assurer que les *policemen* de son district sont à leur poste en bonne tenue, sobres et attentifs à leurs devoirs. Il doit s'assurer aussi qu'ils sont bien au courant des ordres qui les concernent ; que les aiguilles sont bien huilées, propres et en bon état.

L'inspecteur doit vérifier si chaque *policeman* a bien en sa possession un exemplaire du règlement des signaux et tout autre règlement spécial pour le poste qu'il inspecte.

Chaque inspecteur doit conserver une liste des noms et demeures des *policemen* de son district, de façon à pouvoir les réunir tous sans retard en cas de besoin urgent.

Conducteurs des trains de voyageurs et des trains de marchandises.

Choix des conducteurs.

Les conducteurs des trains de voyageurs et ceux des trains de marchandises sont choisis, en général, parmi les *porters*, quelquefois parmi les *policemen* dont le service se fait le plus remarquer. On ne nomme jamais de prime abord aux fonctions de conducteur. Il faut avoir passé par un apprentissage dans les fonctions inférieures, soit dans les gares des voyageurs, soit dans celles des

marchandises. Ces choix sont faits par le chef de l'exploitation (*general superintendent*) pour le service des trains de voyageurs et par le chef du service des marchandises (*superintendent of goods*) pour les trains de marchandises.

Les conducteurs des trains de voyageurs sont plus généralement appelés *guards*, ceux des trains de marchandises, *breaksmen*.

Les costumes des *guards* et des *breaksmen* diffèrent complétement; l'espèce d'hommes est différente aussi : les premiers ont un costume qui ne manque pas d'une certaine élégance : *Redingote bourgeoise à boutons métalliques, pardessus* (en hiver), *chapeau et bottes*. Il est fourni par la compagnie, qui le renouvelle entièrement tous les ans (sauf le pardessus tous les deux ans), et partiellement tous les six mois. On m'a dit, dans les bureaux du *London and Birmingham railway*, que le costume complet d'un *guard*, y compris le chronomètre qu'on leur remet et leur bandouillère en cuir verni qui fait l'effet d'un élégant baudrier, revient à 25 livres sterling. Les *guards* sont, en général, des hommes d'assez bonne façon et de bonne tournure. On exige d'eux la plus grande politesse et les plus grands égards pour les voyageurs. Ils donnent bien au besoin un coup de main pour le chargement ou déchargement des bagages ou des colis, mais cet ouvrage est avant tout celui des *porters*.

Costume des conducteurs des trains des voyageurs.

Il est fourni par la compagnie.

Le costume complet d'un conducteur de train de voyageurs coûte, en nombre rond, 625 fr.

Les *breaksmen* sont des hommes de travail (*working men*). Le costume est analogue à celui des *porters*. Ils portent une veste et un gilet à manches avec lequel ils peuvent au besoin se mettre à l'ouvrage; on préfère pour les *breaksmen* des hommes petits, trapus et forts qui puissent

Costume des conducteurs des trains des marchandises. Il diffère de celui des conducteurs des trains de voyageurs.

passer lestement entre les wagons et même sous les wagons. Les *breaksmen* sont comme les *guards* habillés par la compagnie. Sur le *London and Birmingham railway* on leur alloue en outre, par an, deux chemises de flanelle. Les *breaksmen* et les *guards* doivent savoir lire et écrire et faire un rapport journalier, très-court à la vérité, mais très-clair.

Rapport des conducteurs.

Je joins à ce texte le rapport que doivent faire les *guards* : celui que doivent faire les *breaksmen* est analogue.

(Voir plus loin, p. 354 à 357, les tableaux 5 et 6.)

Deux classes de conducteurs.

Il existe deux classes de *guards* : les *guards* de première classe reçoivent la dénomination de *upper-guards* ; ceux de deuxième classe celle de *under-guards*. Sur le *London and Birmingham railway*, la paie fixe des premiers est de 1 livre sterling par semaine et celle des seconds de 15 schelings. En outre, ils reçoivent 2 schellings par voyage (un voyage est le parcours de la distance entre Londres et Birmingham, ou *vice versa*). Ils font souvent deux voyages par 24 heures. En moyenne : un *upper-guard* gagne par semaine 2 livres sterling ou 50 fr.; un *under-guard*, 1 livre sterling 13 sch. 6 d. ou 42 fr.

Salaire des conducteurs.

Les *breaksmen* ou conducteurs des trains de marchandises reçoivent la même paie fixe que les *guards*, suivant leur classe et autant par voyage.

Sur tous les chemins que j'ai visités, les trains de voyageurs ont en général deux conducteurs; les trains de marchandises, un seul.

Division de la responsabilité d'un train entre les 2 conducteurs.

Dans les trains de voyageurs le deuxième *guard* est placé à l'avant, la tête tournée vers le train. Le premier *guard* est placé à l'arrière, la tête tournée dans le sens inverse et par conséquent ayant de-

vant lui tout le train. De cette façon le train est surveillé par les deux conducteurs à la fois. Sur le *London and Birmingham railway*, on a adopté depuis peu pour les trains de voyageurs et pour ceux de marchandises des wagons-freins (*break-waggons*) d'une forme particulière, représentés par les *fig.* 2 à 5, *Pl. VIII*. Ils sont plus bas que les voitures ordinaires ou que les wagons chargés. Les conducteurs de l'une et de l'autre espèce de trains se placent dans ces wagons et peuvent, au moyen de l'espace découvert qu'on y a laissé, surveiller tout ce qui se passe à droite ou à gauche devant eux.

Nouveaux wagons - freins (*break - waggons*) pour les trains de voyageurs et de marchandises.

Dans les trains de voyageurs, ces wagons servent à recevoir en route une portion des bagages ou des colis. L'autre espèce de wagons-freins sert de lieu d'abri aux conducteurs des trains de marchandises. Il sert aussi à recueillir et à abriter les conducteurs de bestiaux ou de toute autre espèce d'animaux lorsqu'on en transporte dans ces trains. Les wagons-freins de l'une ou de l'autre espèce pèsent vides environ 3 tonnes, mais on y ménage à la partie inférieure une caisse que l'on remplissait autrefois d'eau; on a renoncé maintenant à ce moyen ; au lieu d'eau, on charge la caisse d'environ 3 tonnes de morceaux de fer, ce qui porte le poids de ces wagons-freins à 6 tonnes et les rend très-efficaces lorsqu'on a besoin d'arrêter le train.

Usage des wagons-freins.

Poids des wagons-freins.

Je joins ici les ordres généraux qui règlent les devoirs des *guards* et des *breaksmen* sur le *London et North-Western railway*.

Service des conducteurs des trains de voyageurs et de marchandises.

Règlement des conducteurs des trains de voyageurs et de marchandises sur le London et North-Western railway.

Personnel des conducteurs des trains de voyageurs et de marchandises.

Chaque train de voyageurs doit avoir un premier et un second conducteur et chaque train de marchandises un conducteur. Chaque *guard* doit être présent à la station de départ une heure avant le temps fixé, afin d'assister à l'arrangement des voitures, du bagage, des colis, etc.

Devoirs des conducteurs avant le départ de leur train.

Le *breaksman* ou conducteur d'un train de marchandises doit examiner l'arrangement de ses wagons et leurs freins et s'assurer qu'ils sont en bon état. Il doit veiller à ce que les chaînes et barres d'attache soient bien accrochées, à ce que les marchandises soient bien chargées, bien recouvertes et ne s'étendent pas au delà des limites convenables à droite, à gauche et au sommet. Ce cas échéant, il doit en prévenir le chef de service ou tout autre employé responsable de la station, présent à ce moment et noter le fait sur sa feuille de route. Il doit examiner les adresses fixées sur les wagons et comparer avec tout le soin possible la destination et le numéro de chaque wagon avec les indications de la feuille de route, remarquer les différences qui pourraient se présenter et faire rectifier les erreurs avant de partir. Il doit examiner les wagons de chaque côté de la voie.

Le premier *guard* doit s'assurer si les lampes formant les signaux d'arrière et de côté sont en état, garnies et bien fixées. Il doit veiller à ce que le signal d'arrière soit toujours allumé avant le départ et placé à deux ou trois pieds du sol (on l'allume à cause des tunnels) et à ce que les signaux de côté soient allumés au coucher du soleil. A son arrivée à destination, il doit veiller à ce

que les lampes signaux soient enlevées du train et remises au lampiste. Il doit s'assurer aussi qu'il y a dans son train 12 chaînes d'attache, 2 boîtes de *fog-signals* (une boîte en contient six), un drapeau *rouge* et un drapeau *blanc* (le premier servant à faire le signal d'arrêt au mécanicien, le deuxième servant à lui indiquer qu'il peut avancer), une boîte à dépêches, une prolonge, un cric, deux seaux à incendie, deux pinces.

Chaque *guard* doit prendre avec lui la lampe à main dont on le fournit et avec laquelle il peut au besoin montrer les lumières *blanche*, *verte* et *rouge*.

Train spécial.

Toutes les fois qu'un train ordinaire doit être suivi d'un train spécial, une planche *rouge* est fixée à l'arrière de la dernière voiture durant le jour. Une seconde lampe d'arrière (*tail lamp*) est ajoutée à l'arrière durant la nuit.

Le premier *guard* d'un train de voyageurs ou le *breaksman* d'un train de marchandises doit s'assurer avant de partir du motif pour lequel on place ce signal additionnel. Il doit veiller à ce qu'il disparaisse à la station à laquelle on lui recommande de l'enlever, et il doit informer l'employé de service à cette station de l'espèce de train qui doit suivre.

Division de la responsabilité d'un train de voyageurs entre les 2 conducteurs.

Le premier *guard* a la responsabilité du train. Il doit veiller à ce que la vitesse de marche soit conforme aux heures indiquées sur le tableau de vitesse (*time piece*) dont on le fournit.

Il est responsable des paquets de messagerie (*parcels*) et il doit s'assurer que toute voiture indiquée pour être détachée aux stations intermédiaires y est en effet détachée.

Le deuxième *guard* est responsable des bagages des voyageurs.

Arrêt d'un train à une station intermédiaire.

Lorsqu'un train est arrêté à une station intermédiaire, le premier *guard* s'assure si les signaux convenables sont faits en arrière par les employés de la station où il subit un retard forcé. Dans le cas où le train arrêté est un train de marchandises, le *breaksman* suit la même conduite, et dans ce cas, comme aussi dans celui où il se place dans une gare d'évitement pour laisser passer un train de voyageurs, il veille à ce qu'aucune personne étrangère ne touche à ses wagons et à leur contenu.

Arrêt d'un train de voyageurs sur la voie.

Lorsque l'arrêt a lieu en dehors d'une station, sur la voie principale, le premier *guard* envoie le deuxième *guard* en arrière pour faire faire les signaux d'arrêt au *policeman* le plus rapproché, s'il y en a de suffisamment rapproché pour entrer en prompte communication avec lui ; sinon le deuxième *guard* reste en arrière du train, à 500 mètres au moins, tenant un drapeau rouge déployé jusqu'à ce qu'on le rappelle, auquel cas il fixe un pétard sur le rail et vient ensuite rejoindre son train (voir pour plus amples détails le chapitre III, qui traite spécialement des signaux).

Arrêt d'un train de marchandises.

Dans le cas où le train n'a qu'un seul *guard*, comme dans celui d'un train de marchandises, ce conducteur doit remplir le devoir indiqué précédemment pour le deuxième *guard* ; et dans ce cas, il confie le soin de ses wagons au mécanicien et reste en arrière jusqu'à ce qu'on le relève. Il revient alors à son train pour le surveiller et n'en abandonne la responsabilité qu'entre les mains d'un chef de son service ayant autorité à cet effet.

Chaque *guard*, ayant sur lui une boîte de pétards, doit, en temps de brouillard et dans le cas qui vient d'être indiqué, non-seulement présenter dans le sens de l'arrivée des trains la lumière *rouge* de sa lampe, mais il doit encore fixer immédiatement 2 ou 3 pétards sur les rails aussitôt qu'il est arrivé à 500 mètres en arrière. Temps de brouillard.

Lorsque des wagons sont forcément laissés en route à une station, le *breaksman*, à son arrivée à destination, doit en informer les chefs de son service et en donner aussi avis au chef de la station où les wagons ont été laissés, s'il arrive qu'il n'ait pu le voir à cause de l'heure avancée de la nuit.

Personne ne doit marcher sur les bâches qui couvrent les wagons, personne ne doit monter avec le *breaksman* ou le *guard* sans permis. Il est interdit de fumer dans le *break-wagon*.

A l'arrivée d'un train à destination, les *guards* doivent rester sur le quai d'arrivée jusqu'à ce que tous les bagages et les paquets de messagerie soient remis à qui de droit, et s'il arrive que quelque article vienne à manquer, ils doivent immédiatement en faire leur rapport au chef de la station. Arrivée d'un train à sa destination.

Les *guards* doivent, avant de quitter la station d'arrivée, faire ensemble, sur leur voyage, un rapport en suivant une forme imprimée qui leur est remise et au bas de laquelle ils ont à indiquer toute circonstance extraordinaire qui aurait pu se présenter (voir plus loin, p. 354 à 357, les tableaux n[os] 5 et 6). Rapport collectif des conducteurs.

Ils doivent indiquer dans leur rapport, si tous les paquets de messagerie et bagages des voyageurs de leur train ont été régulièrement remis.

Chaque *guard* doit prêter la plus grande at-

tention aux signaux des stations intermédiaires, des tunnels, et à ceux qui peuvent être transmis par les *policemen* sur la ligne. Ils doivent aussi se conformer strictement aux ordres particuliers que les chefs de stations peuvent juger nécessaire de leur donner.

Cas d'accident. Obstruction de la voie.

Dans le cas où par suite d'accidents une des voies serait encombrée, et où l'on serait forcé de faire passer tous les trains montants et descendants sur l'autre voie, la plus extrême prudence doit être observée : aucun train ne doit être autorisé à circuler sur la voie contraire sans unc autorisation écrite d'un chef compétent, présent de sa personne sur le lieu de l'accident. Les communications verbales étant fort sujettes à erreur, s'il arrivait à un *guard*, de recevoir un message verbal donnant l'ordre de faire avancer un train sur la voie contraire, il faudrait, avant de laisser mouvoir le train, renvoyer le messager pour chercher un *ordre écrit*.

Chaque *guard* doit, non-seulement connaître parfaitement les ordres généraux de son service, mais il doit aussi être familier avec les règlements des *policemen*, des mécaniciens et des cantonniers.

Les conducteurs des trains de marchandises doivent connaître les heures de passage à chaque station des trains de voyageurs.

Les *breaksmen* doivent connaître parfaitement les heures de passage des trains de voyageurs sur tous les points de la ligne; et lorsqu'ils jugent qu'ils peuvent être atteints, ils doivent faire garer leur train afin de laisser le passage libre aux trains de voyageurs dont ils prévoient l'approche. Ces manœuvres, avant d'être commencées, doivent être communiquées aux hommes chargés des signaux à la station où elles doivent se faire. Les conduc-

teurs sont requis de conserver sur leur personne un exemplaire de leur règlement et de la dernière organisation des trains, sous peine d'une amende de 5 schellings.

Mécaniciens et chauffeurs.

J'ai fait connaître précédemment les divers règlements qui concernent les conducteurs de trains, soit de voyageurs, soit de marchandises, ainsi que l'organisation de la classe des *porters*, à laquelle est confié le soin de la formation des trains au départ et de leur réception et décomposition à l'arrivée, le nettoyage, l'éclairage et le graissage des voitures, le chargement et déchargement des bagages, en un mot, tout le service ou gros ouvrage des gares. J'ai dit quels étaient le règlement et l'organisation des *policemen* qui cumulent les fonctions de surveillants chargés de la police des gares et de la transmission des signaux, de garde-barrières, d'aiguilleurs. Il me reste encore à faire connaître les règlements qui concernent les mécaniciens et chauffeurs et ceux des cantonniers chargés de la réparation ou maintien de la voie.

Voici d'abord le règlement adopté pour les mécaniciens et chauffeurs sur le *London and North-Western railway*, règlement auquel j'ai ajouté ce qui m'a semblé de nature à le compléter en l'extrayant des règlements d'autres lignes importantes telles que le *Midland railway*.

Règlement des mécaniciens et chauffeurs.

Devoirs des mécaniciens avant les départs des trains.

Tout mécanicien chargé de conduire un train doit se rendre au dépôt des machines (*engine shed*) en temps convenable pour s'assurer que sa machine est en état de faire le voyage, que son tender a une provision suffisante d'eau et de coke, que ses lampes et signaux sont préparés et qu'il a une provision suffisante d'huile.

Il doit s'assurer qu'il a à la partie antérieure de sa machine une lampe (ou disque) capable de montrer en avant une lumière *blanche* ou une lumière *verte* ou une lumière *rouge*, et aussi que l'on a disposé sur le côté gauche du tender une autre lampe montrant la lumière *blanche* en avant, la lumière *rouge* en arrière.

La lampe du disque de l'avant de la machine (*buffer-light*) est *blanche* pour les trains de voyageurs, *verte* pour les trains de marchandises.

Le mécanicien, avant de sortir du dépôt avec sa machine, doit s'assurer qu'il a au moins une feuille de vitesse ou de passage aux diverses stations (*time piece*).

Deux tuyaux de cordes (*hose-pipes*).

Un marteau.

Un burin (*cold chisel*).

Une chaîne d'attelage.

Une grande et une petite clef anglaise (*monkey wrench*).

Il est défendu à toute personne, autre que le mécanicien et son chauffeur, de monter sur la machine, à moins d'une permission écrite du *secrétaire*, du chef d'exploitation (*general superintendent*) ou du chef du matériel (*superintendent of the locomotive departement*).

Toutes les fois qu'un mécanicien sort du dépôt avec une machine, il doit prendre une feuille de vitesse (*time-table*) pour régler sa marche, soit que sa machine remorque un train ou non. Dans ce dernier cas, il ne doit, sous aucun prétexte, s'arrêter aux stations de deuxième classe, à moins qu'il n'y reçoive un signal à cet effet.

Le mécanicien doit être attentif aux signaux.

Le mécanicien doit montrer la plus scrupuleuse attention et obéissance, non-seulement aux signaux fixes placés aux stations intermédiaires et à l'entrée des longs tunnels, mais aussi à tous les signaux qui peuvent lui être transmis par les *policemen* le long de la voie. Il ne doit cependant pas se reposer seulement sur ces signaux, mais encore être constamment attentif et sur ses gardes, et sous aucun prétexte ne dépasser la vitesse qui lui est indiquée sur la feuille imprimée (*time-table*) qu'il possède à cet effet. Il doit aussi se conformer aux ordres particuliers que les chefs de station peuvent avoir à lui transmettre dans l'intérêt du service de la compagnie.

Le mécanicien ne doit jamais avancer sur la voie en sens contraire de la direction habituelle.

Précautions à prendre en cas de rebroussement forcé sur l'une ou l'autre voie.

Lorsque, par suite d'un accident, la voie sera encombrée et forcera un train ou une machine à rebrousser chemin sur l'une ou l'autre voie, le mécanicien ne commencera le mouvement rétrograde que lorsqu'un conducteur ou bien le chauffeur armé d'un signal convenable aura été envoyé en arrière, afin de précéder la machine de 7 à 800 mètres pour arrêter tout train arrivant, et pendant son mouvement, le mécanicien fera un fréquent usage du sifflet et ne marchera pas à une vitesse de plus de quatre milles à l'heure (environ 6 kilomètres 1/2), de manière à laisser

entre la machine et le porte-signal qui la précède l'intervalle de 7 à 800 mètres; en outre, le mécanicien ne continuera pas, sous quelque prétexte que ce soit, son mouvement rétrograde au delà du plus prochain croisement où la machine pourra traverser pour se rendre sur la voie convenable.

Dans le cas où, par suite d'accidents, une des voies serait encombrée et où l'on serait forcé de faire passer tous les trains montants et descendants sur l'autre voie, la plus extrême prudence doit être observée : aucun train ne doit être autorisé à circuler sur la voie contraire sans une *autorisation écrite* d'un chef compétent présent de sa personne sur le lieu de l'accident; et avant de mouvoir son train, le mécanicien doit s'assurer que le conducteur chef en a bien *reçu* l'ordre *écrit*, et il doit rebrousser sur l'une et l'autre voie, en observant les précautions qui ont été indiquées au paragraphe précédent.

Le mécanicien ne doit point avancer sur la ligne avec sa machine seule, à moins qu'une lumière rouge ne soit fixée à l'arrière du tender.

Passage aux stations et à côté des trains, sur la voie opposée.

Quand un mécanicien conduit un train de voyageurs, de marchandises ou de ballast, il doit user de beaucoup de prudence en traversant toute station où un train se trouve arrêté, ainsi que lorsqu'il passe une machine ou un train arrêté sur la ligne ailleurs qu'aux stations, et dans ces divers cas, il doit faire usage du sifflet et être prêt à arrêter son train au besoin.

Temps de brouillard. — Diverses précautions à prendre.

Le mécanicien doit redoubler de prudence dans les temps de brouillard et principalement aux approches des stations, à cause de la difficulté que l'on a de voir les signaux, à moins d'en être très-rapproché, et il doit se tenir prêt à arrêter sa

machine au besoin. Dans ces circonstances, il faut faire aller le sifflet très-fréquemment.

Aux embranchements et dans les temps de brouillard, le mécanicien doit arrêter avant d'atteindre les aiguilles de jonction, et il ne doit pas s'engager sur la ligne principale avant de s'être assuré, auprès du *policeman*, s'il peut passer et depuis quand un train ou une machine le précèdent.

Comme surcroît de précaution, dans les temps de brouillard, aucun mécanicien ne doit quitter une station sans qu'un intervalle de dix minutes au moins ne se soit écoulé depuis le départ du train précédent; et en outre, le chef de station ou le *policeman* de service doit indiquer au mécanicien le temps exact qui s'est écoulé depuis le passage du train précédent, et à quelle station suivante il devait s'arrêter.

Tout mécanicien conduisant un train de ballast doit cesser de s'avancer sur la voie principale lorsqu'un brouillard se déclare, à moins qu'on ne l'y autorise dans certains cas extraordinaires.

En sus des signaux d'arrêt ordinaires, les *policemen* ont ordre de poser des pétards (1) sur les rails en temps de brouillard, et tout mécanicien, en entendant une ou plusieurs détonnations doit arrêter sa machine le plus tôt possible.

Le mécanicien doit être attentif et prudent au passage d'une station ou lorsqu'il traverse une portion de la voie en réparation; il doit ralentir alors, et aussi lorsqu'il aperçoit le signal vert. Ralentissement.

Lorsqu'il aperçoit le signal rouge ou tout autre signal indiquant l'arrêt (tout objet agité violemment, à défaut de signal *rouge*, signifie l'arrêt); Arrêt.

(1) Voir le chapitre III relatif aux signaux.

il doit amortir sa vitesse de manière à s'arrêter près du signal, qu'il ne doit jamais dépasser.

Devoirs à remplir et mesures à prendre en cas d'accidents.

Le mécanicien doit arrêter sa machine lorsqu'il s'aperçoit d'un accident sur la voie parallèle à celle où il avance; et après s'être assuré des circonstances et des secours devenus nécessaires, il doit en informer le premier *policeman* qu'il rencontre et le chef de la première station où il s'arrête.

Il doit aussi arrêter les trains qu'il rencontre entre le lieu de l'accident et la première station sur sa route, et informer les mécaniciens de l'encombrement de la voie, afin qu'ils prennent toutes les précautions de prudence; et enfin il doit se prêter à rendre tous les services que l'on peut attendre de lui dans de pareilles circonstances.

En cas d'accident à sa machine ou à son tender (lorsqu'il voyage seul), il doit envoyer son chauffeur vers le *policeman* le plus rapproché, pour que celui-ci prenne les précautions voulues à l'égard des trains qui pourraient arriver. Mais si le *policeman* est trop éloigné, le chauffeur doit rester à 500 mètres en arrière jusqu'à ce qu'on le rappelle, et pendant tout le temps qu'il reste dans cette position, il doit présenter son signal *rouge* et continuer à le présenter encore en arrière lorsqu'il va rejoindre sa machine, et jusqu'à ce qu'il soit monté dessus.

Signaux détonnants.

Tout mécanicien étant muni de signaux détonnants, le chauffeur doit, en sus de la précaution qui vient d'être indiquée, placer en outre de ces pétards sur les rails (voir, pour de plus amples détails, le chapitre relatif aux *signaux*, page 373).

Le mécanicien ne doit point (sauf certains cas exceptionnels) laisser sa machine au repos sur la

voie principale, lorsqu'elle ne remorque pas un train; que sa machine remorque ou ne remorque pas un train, elle doit toujours être gardée, soit par lui, soit par le chauffeur, sous la responsabilité du mécanicien.

Toute machine *en feu* et au repos sur une voie d'évitement doit non-seulement être gardée, mais encore avoir son levier de changement de marche au point mort, être calée de chaque côté des roues; cette dernière précaution, qui s'applique non-seulement aux machines, mais encore aux voitures, wagons, etc., est particulièrement recommandée à la surveillance des chefs de station, qui doivent s'assurer qu'entre les aiguilles raccordant l'évitement à la voie principale et la première voiture ou machine garée, il y ait une distance d'au moins 18 à 20 mètres (1).

Le mécanicien, sauf les cas exceptionnels qui ne peuvent être évités, ne doit pas pousser un train, mais bien le remorquer.

Le passage doit être laissé libre aux trains de voyageurs; mesures de précaution à cet égard.

Lorsqu'il conduit un train de marchandises ou de ballast, il doit toujours s'arranger de façon à laisser le passage libre aux trains de voyageurs. A cet effet, il doit, lorsqu'il prévoit la probabilité d'être rejoint par un train de voyageurs, se garer dans la voie d'évitement la plus prochaine au moins 15 minutes avant l'heure officielle du passage du train attendu, et ne se remettre en route que 5 minutes après.

---

(1) J'ai donné, *Pl. VIII*, *fig.* 6 à *fig.* 10, les divers moyens de précaution usités en Angleterre pour empêcher les machines, voitures ou wagons garés sur une voie d'évitement de venir se jeter sur la voie principale, dans le cas où ils seraient mal calés ou pas du tout.

Avant de se placer dans l'évitement où il doit attendre le passage du train de voyageurs, le mécanicien s'assurera que les signaux pour l'arrêt des trains qui pourraient arriver sont faits dans les directions nécessaires.

S'il n'est possible de se garer que sur la voie parallèle pour laisser le passage libre au train de voyageurs attendu, il faudra subir cette nécessité, mais jamais que comme exception et pis-aller.

Le mécanicien doit toujours, autant que possible, marcher avec le tender placé derrière la machine.

Portion d'un train laissée sur la voie principale.

Si, par suite de circonstances qu'il ne peut maîtriser, le mécanicien est forcé de laisser sur la ligne principale une portion de son train, il n'ira pas, après avoir garé la première portion, chercher la seconde en rebroussant sur la même voie, à moins qu'il n'y soit dûment autorisé. En règle générale, il devra revenir par la voie parallèle jusqu'aux aiguilles les plus proches en arrière de la portion du train laissé sur la voie. Ces aiguilles seront traversées, et la dernière portion du train sera poussée jusqu'à ce qu'il soit possible à la machine d'aller se placer en avant et de remorquer.

Il est très-formellement défendu aux mécaniciens ou chauffeurs de jeter de leurs tenders les petits morceaux ou la poussière de coke, à moins que ce ne soit dans les fosses établies aux stations de première classe.

Rapports des mécaniciens après chaque voyage.

Tout mécanicien arrivé à la fin de son voyage doit faire au chef du matériel un rapport où il indique :

1° L'état de sa machine et de son tender;

2° L'état du chemin ou toute autre circonstance ile à être connue des autres mécaniciens.

Enfin, il doit veiller à ce que les diverses mpes ou signaux fixés sur sa machine ou son nder soient remis au lampiste chargé de les soiner et de les garnir.

Salaire des mécaniciens et chauffeurs en Angleterre.

J'ajouterai ici qu'en Angleterre, les meilleurs écaniciens reçoivent 7 sch. 1/2 par jour, soit l. 12 sch. 6 d., ou 66 fr. 20 c. par semaine; un bon auffeur reçoit 4 schellings, soit 5 francs par jour 'est là le salaire régulier, *standing wages*). Mais n'est pas tout; ils sont payés en sus pour tout avail extra, et reçoivent deux jours de paie, dans même jour, lorsque, outre leur travail régulier, font en sus un travail équivalent, ou moitié en s, s'ils font moitié en sus. S'ils passent la nuit rs de chez eux, on leur paie le souper, le lit et déjeuner, en tout 3 schellings environ, soit 3 fr. cent.

A Noël, chaque mécanicien reçoit de la compagnie un pardessus (*great-coat*) en drap trèsais et presque imperméable à l'eau. Ceux des écaniciens dont la conduite n'a mérité aucun proche et qui se sont fait remarquer par leur actitude à arriver aux diverses stations de la gne aux heures de passage annoncées par la compagnie, reçoivent une prime d'encouragement qui élève jusqu'à 5 liv. sterl. ou 125 fr. Moitié de tte somme est donnée à leurs chauffeurs. Enfin, r certaines lignes, surtout celles où le coke est ier, on leur alloue une certaine proportion des onomies qu'ils font. Cette proportion s'élève en oyenne au quart de l'économie faite et que se rtagent le mécanicien et le chauffeur; la part ce dernier étant, par rapport à celle du méca-

nicien dans le rapport de 1 à 3; en d'autres termes, le chauffeur reçoit le quart de ce que reçoit le mécanicien.

Ce qu'on entend par une journée de travail pour les mécaniciens et pour les machines locomotives.

Reste maintenant à indiquer ce qu'on entend par journée de travail pour un mécanicien : cette question a plus d'importance qu'il ne semble au premier abord, ainsi qu'on va le voir; c'est pour cela que je m'y arrêterai un instant.

Un *voyage total* variant de 90 à 120 milles par jour, en moyenne, est considéré comme l'ouvrage normal des machines et des mécaniciens. Sur certains chemins, les machines fonctionnent de manière à se reposer de deux jours l'un, c'est-à-dire que durant un jour elles feront 200 milles, par exemple, et le lendemain resteront au dépôt pour être nettoyées, examinées et recevoir les petites réparations nécessaires. Sur d'autres lignes, les machines fonctionnent trois jours de suite et se reposent le quatrième; mais, même dans ce cas, la moyenne par jour ne dépassent pas 120 milles.

Division du travail des machines locomotives entre Londres et Birmingham.

Entre Londres et Birmingham, un mécanicien A prend un train à Londres et le conduit à Wolverton (52 milles 1/2); là, il s'arrête. Une autre machine prend le train et le conduit à Birmingham (60 milles); le mécanicien A s'arrête à Wolverton de 1 à 2 heures : il y prend de l'eau, du coke, fait nettoyer ses tubes, etc.; en un mot, dispose sa machine pour ramener un autre train à Londres. Le mécanicien A fixé à Londres y rentre donc le même jour, et la compagnie économise déjà ainsi un déplacement. Même observation pour le mécanicien parti de Birmingham et qui y rentre le même jour. Disons, en passant, que Wolverton est le dépôt central des machines et des ateliers de réparations et de construction,

que, par conséquent, les machines viennent us les jours se présenter à l'inspection du chef matériel, ce qui n'est pas sans influence sur ır bonne tenue, de la part des hommes auxıels elles sont confiées (1).

Division du travail des machines sur l'Eastern-Counties and Norfolk railway.

Le même système est adopté sur le chemin de st, appelé *Eastern-Counties and Norfolk railıy*, et qui s'étend de Londres à Cambridge, andon, Norwich et Yarmouth; longueur totale 6 milles ou 235 kilom. Cambridge est à milles ou 92 kilom. de Londres. La distance tre Brandon et Cambridge est de 31 milles ou kilom.; enfin la distance entre Brandon et rmouth est de 58 milles ou 93 kilom. Les points séjour des mécaniciens sont Londres, Camidge, Brandon et Norwich. Les mécaniciens tionnés à Londres vont de Londres à Camidge et reviennent à Londres le même jour: ıx de Cambridge font la route inverse et reınnent à Cambridge le même jour, après avoir rcouru chacun une distance totale de 115 milles

1) Depuis que M. Bury a cessé d'être le chef du maté-, les choses sont arrangées différemment entre Londres Birmingham : les machines vont de Londres à Birminım et reviennent à Londres le même jour, ou réciproement. Elles font ainsi 225 milles par jour tous les deux ırs. Les mécaniciens ont donc un jour de repos et un r de travail alternativement. On s'arrange, autant que ssible, pour que les mécaniciens rentrent chez eux le me jour, et la division du travail est faite aussi de façon e que les hommes aient, à tour de rôle, les heures ainsi e les trains favorables ou défavorables. Les mécaniciens ıt aussi de Birmingham à Liverpool ou de Birmingham lanchester, ou réciproquement, et reviennent chez eux, ıant que possible, le même jour; ils se reposent de ıx jours l'un.

ou 185 kilom. Les mécaniciens stationnés à Brandon parcourent quatre fois par jour la route entre Brandon et Cambridge, et font, par conséquent, 124 milles ou environ 200 kilom. par jour. Les mécaniciens stationnés à Norwich vont de cette dernière ville à Brandon, de Brandon à Yarmouth et reviennent coucher à Norwich; ils parcourent donc en tout deux fois la distance entre Brandon et Yarmouth, ce qui équivaut à un parcours total de 116 milles ou environ 18[illegible] kilom. par jour.

Division du travail des machines sur l'Eastern-Counties and Eastern-Union railway.

Si nous examinons ce qui se passe sur le chemin appelé *Eastern-Counties and Eastern-Union railway*, c'est encore une manière analogue de procéder.

Ce chemin va de Londres à Colchester, Ypswich et Bury-Saint-Edmonds; longueur totale 95 milles ou 153 kilom. Les mécaniciens sont stationnés à Londres, Colchester et Bury-Saint-Edmonds : la distance entre Londres et Colchester est de 51 milles ou 82 kilomètres. De Colchester à Bury-Saint-Edmonds il y a 44 milles ou 71 kilom. Les mécaniciens résidant à Londres vont à Colchester et reviennent le même jour; ceux de Colchester destinés à aller à Londres, y vont et en reviennent chez eux le même jour : ils font donc ainsi les uns et les autres 102 milles par jour ou 164 kilom. La distance entre Colchester et Bury-Saint-Edmonds est parcourue aussi deux fois par jour par les mécaniciens résidant dans ces deux villes, de manière à rentrer chacun chez eux après avoir parcouru 88 milles ou 142 kilomètres.

Bien entendu que si le service l'exige, les mécaniciens, au lieu de faire deux fois la route, la parcourent trois fois et même quatre fois, mai[illegible]

alors ils sont payés en sus et reçoivent des frais de déplacement.

Sur le *Midland railway*, qui s'étend de Leeds à Rugby, longueur totale 122 milles ou 196 kilom., les mécaniciens stationnent à Leeds, Derby et Rugby.

Division du travail des machines sur le Midland railway.

Un même mécanicien parcourt deux fois par jour la distance entre Leeds et Derby, qui est de 73 milles; il fait donc 146 milles ou 235 kilom. Entre Leeds et Rugby (49 milles) un même mécanicien parcourt deux fois la distance; il fait donc 98 milles ou 158 kilom. par jour.

A Rugby, où le *Midland* se soude au *London and Birmingham railway*, les trains venus du Midland se joignent à ceux venus de Birmingham pour Londres, ou sont remorqués directement dans certains cas par des machines du *London and Birmingham railway*.

Sur le chemin du *South-Western*, un mécanicien va de Londres à Southampton et revient à Londres le même jour; il fait ainsi 156 milles par jour, pendant trois jours consécutifs, et se repose ainsi que sa machine le quatrième, pendant lequel il ne doit s'absenter du dépôt qu'aux heures des repas et veiller à ce que sa machine soit bien nettoyée et mise en bon état de service; il a un jour de congé tous les quinze jours, un dimanche sur deux.

Division du travail des machines sur le South-Western railway.

En thèse générale, chaque mécanicien a une machine qui n'est jamais conduite que par lui seul: il la possède comme un fantassin son fusil, un cavalier son cheval, un artilleur sa pièce de canon; il s'y attache, j'oserais presque dire avec affection; il en est fier et cherche par tous les moyens en son pouvoir à montrer sa supériorité, sous tous les rapports: il la conserve propre et luisante, il en surveille avec soin tous les mouve-

Chaque mécanicien a sa machine: bons effets de ce système.

ments, toutes les pièces, tous les détails. Si le succès répond à ses efforts, ce qui veut à peu près dire, si la machine vient d'un bon constructeur, le mécanicien cherche autant que possible à faire lui-même toutes les menues réparations, car il tient essentiellement à montrer combien peu sa machine coûte à l'administration du chemin de fer auquel il appartient. Lorsque les réparations ne peuvent être faites par le mécanicien tout seul et sont cependant de nature à l'être promptement, il les signale le soir sur une ardoise (apposée à cet effet au dépôt) pour qu'elles soient exécutées durant la nuit par des ouvriers ajusteurs (*fitters*) de la compagnie : de la sorte, le service de la machine ne reste point suspendu.

Si les réparations sont ce qu'on appelle de grosses réparations, le mécanicien est chargé provisoirement de conduire une des machines nommées *spare Engines* ou machines de réserve qui n'ont pas de maîtres absolus et sont affectées au service extraordinaire. Mais durant le temps de la réparation de sa propre machine, le mécanicien lui fait de fréquentes visites pour s'assurer des modifications qu'elle subit et en surveiller l'exécution.

L'affection véritable que les mécaniciens portent à leurs machines a une influence notable sur l'économie des frais de traction, et c'est pour cette raison que j'ai cru devoir insister sur les moyens adoptés en Angleterre pour créer ce sentiment chez cette très-utile classe d'employés.

Économies résultant de la division du travail des machines tel qu'on l'entend sur les principales lignes anglaises.

Mais c'est surtout le système de la division du travail des machines locomotives établi comme j'ai cherché à l'expliquer par l'exposé de ce qui se pratique sur les principales lignes anglaises, qui a le plus d'influence sur les frais relatifs du service de la traction.

En effet, cet arrangement économise déjà, comme je l'ai indiqué plus haut, des frais de déplacements qui ne laisseraient pas que d'être assez lourds, et les hommes ont l'avantage de rentrer chez eux dans leur famille, ce qui les rend plus contents, plus confortables et les fatigue moins.

Dangers de l'échauffement des fusées des essieux.

Les machines étant arrêtées assez longtemps après un court voyage, peuvent être mieux nettoyées et fonctionnent mieux (1).

Elles sont moins sujettes à s'échauffer d'une façon dangereuse, surtout dans les temps chauds et secs où les trains soulèvent la poussière fine des ballasts médiocres.

Cette poussière s'introduisant dans les boîtes à graisse, produit par son frottement entre la fusée de l'essieu et le cuivre qui la maintient, une chaleur qui a causé quelquefois la fusion du cuivre et qui, le plus souvent, grippe les fusées en causant une chaleur considérable qui nécessite un emploi d'huile et de graisse très-coûteux et oblige même à faire entrer la machine en réparation pour adoucir les fusées grippées et remplacer les cuivres, opérations qui ont le double inconvénient d'être chères et de mettre momentanément une machine hors de service.

J'ai entendu des hommes très-expérimentés

(1) Sur quelques lignes on a récemment allongé notablement le parcours que font les machines sans s'arrêter autrement que pour prendre de l'eau. L'expérience prouvera si cette modification est heureuse : il est permis d'en douter ; mais elle a relativement des inconvénients moindres dans un pays où l'on brûle, en général, d'excellent coke, peu sujet à se diviser en brûlant et aller boucher les tubes, surtout dans les moments où le mécanicien serre son échappement pour activer sa production de vapeur.

exprimer l'opinion que le système des voyages courts mais fréquents où on laisse au mécanicien, après chaque voyage, le temps de prendre son repas et de faire nettoyer sa machine, avait l'avantage de diminuer les réparations des machines locomotives dans une proportion énorme, qu'ils évaluaient au quart des réparations nécessaires lorsqu'on suit le système inverse, et ils ajoutaient qu'en outre, les machines ainsi que les hommes faisaient un meilleur service et dépensaient beaucoup moins d'huile ou de suif en route; qu'en un mot, il en résultait des économies notables de toute espèce, et que même on évitait par là des chances d'accidents dus à la rupture des essieux.

Recrutement des mécaniciens.

Les mécaniciens se recrutent parmi les chauffeurs, et ceux-ci parmi toute classe d'ouvriers vigoureux, assidus, sobres et hommes de devoir. Le temps d'apprentissage des chauffeurs varie beaucoup et dépend essentiellement de leur aptitude, de leur âge, de leur intelligence. Tel chauffeur, après trois ans d'un bon service, pourra être promu aux fonctions de mécanicien, tandis que tel autre restera 5 et 6 ans et plus, avant de passer mécanicien.

Le premier degré des mécaniciens consiste à être chargé de conduire les machines qui remorquent les trains de sable ou ballast destiné à être répandu sur la voie; puis on les charge de conduire *en second* les trains de marchandises, c'est-à-dire que si un train de marchandises a besoin d'être remorqué par deux machines, le nouveau mécanicien sera chargé de conduire la seconde. Lorsque ces épreuves sont satisfaisantes, on charge le mécanicien de conduire seul un train de marchandises. Enfin les trains de voyageurs ne sont confiés qu'à

les mécaniciens ainsi accoutumés pendant un ou leux ans au maniement des locomotives.

Cantonniers.

Devoirs et attributions des cantonniers.

Les cantonniers sont chargés du nettoyage, de 'affermissement et du redressement des voies, lu remplacement des rails, coussinets et traverses létériorés, du curage des fossés et aqueducs, et de 'entretien des talus et des plantations.

Les cantonniers sont aussi chargés de la surveillance de la voie.

Sur la plupart des chemins anglais, les cantoniers sont chargés, non-seulement de la réparaion, mais encore de la surveillance et de la police le la voie. Ils remplissent, en un mot, les foncions de *policemen*, là où ceux-ci ne se trouvent as; et cela est nécessaire, car les lignes anglaises ont loin de posséder comme gardes-lignes, un ersonnel aussi nombreux que les lignes francaises; 'est ce dont il est facile de se convaincre. Par xemple, si l'on prend la ligne de Londres à Birningham, qui représente une longueur de 193 nilles ou 311 kilomètres, en comprenant les mbranchements d'Aylesbury, de Peterborough, e Bedford, et de Leamington, on trouve que sur et ensemble, il n'y a que 300 *policemen* pour a surveillance de jour et de nuit, l'exhibition des ignaux et la manœuvre des aiguilles. Si l'on déluit de ce nombre 101 *policemen* pour le service les gares de Londres, Camden-town et de Birningham, il reste en réalité 199 employés à disribuer entre les 193 milles ou 311 kilomètres du hemin compris entre ces deux villes, soit environ *policemen* en moyenne pour 3 kilomètres, et n réalité beaucoup moins, la plus grande partie l'entre eux étant employés au service de la poice des signaux et des aiguilles aux stations, et

Comparaison entre les personnels chargés de la surveillance des chemins de fer, en France et en Angleterre.

surtout aux stations importantes. En France, au contraire, on compte en moyenne, au moins 1 garde-ligne par kilomètre durant le jour, et 1 par 2 kilomètres durant la nuit, soit 3 garde-lignes par 2 kilomètres, et ces hommes sont uniquement chargés de la surveillance de la voie et des signaux, les aiguilles étant confiées à des aiguilleurs proprement dits, et la surveillance des gares à des employés encore différents des précédents. Il s'ensuit que l'on peut, sans exagération, affirmer que sur les lignes françaises, le personnel de surveillance des voies et des gares est en moyenne trois fois plus nombreux qu'en Angleterre, surtout si l'on remarque que j'ai pris pour point de comparaison le chemin anglais sur lequel la surveillance de la voie et des gares est faite avec le personnel le plus nombreux.

Le personnel de surveillance paraît suffisant tel qu'il est organisé en Angleterre.

Quelque restreint que soit le nombre des employés correspondant chez nos voisins à nos garde-lignes, il ne semble pas qu'il soit nécessaire de l'augmenter, car le nombre des accidents arrivés aux voyageurs est dans une proportion extrêmement faible avec leur nombre.

Voici en effet un tableau officiel des accidents survenus durant sept ans sur les diverses lignes successivement exploitées en Angleterre.

(Voir ce tableau ci-après, page 309.)

mois de 1840 *jusques et y compris les six premiers mois de* 1845.

On a indiqué ci-dessous le nombre de milles de chemin de fer ouverts au public à chaque époque. — Le nombre de voyageurs transportés et la proportion des victimes, à la totalité de la circulation pour chaque période.

ANNÉES.		NOMBRE d'accidents.	NOMBRE DE VICTIMES.			NOMBRE de milles de chemin de fer ouverts à la circulation.	NOMBRE de kilomètres correspondant au nombre de milles.	NOMBRE des voyageurs transportés.	RAPPORT du nombre total des victimes au nombre total des voyageurs en chaque année.
			Tués ou morts à la suite de blessures.	Blessés.	Totaux.				
Derniers cinq mois de	1840.	28	22	131	153	1.330 1/2	2.142	6.029.866	1 sur 39.410
	1841.	29	24	72	96	1.556 1/4	2.506	20.449.754	1 sur 213.018
	1842.	10	5	14	19	1.717 1/2	2.765	21.358.445	1 sur 1.124.128
	1843.	5	3	3	6	1.798 1/2	2.896	25.572.525	1 sur 4.262.087
	1844.	34	10	74	84	1.912	3.078	30.363.052	1 sur 356.702
Premier semestre de	1845.	15	2	30	32	2.118 1/4	3.410	16.720.550	1 sur 552.517

Les chances d'accidents tendent à décroître sur les chemins de fer.

On voit que dans les limites ci-dessus, le m
nimum correspond à l'année 1843, et que, d'a
leurs, malgré les oscillations indiquées par
dernière colonne, il y a une tendance vers la dim
nution des accidents. C'est qu'en effet, les moye
d'exploitation se perfectionnent tous les jou
L'art de la construction des machines locomotive
des voitures ou wagons, et de la fabricati
de leurs pièces essentielles telles que les essieux,
perfectionne aussi. Le personnel se discipline, s'
méliore, et le système des signaux fait constan
ment des progrès qui augmentent les chances
sécurité des trains.

En Angleterre, le service de réparation d'un chemin de fer est le plus souvent donné à l'entreprise.

Le service des cantonniers en Angleterre off
encore une différence avec les nôtres, en ce se
que, sur la plupart des chemins, la réparation
la voie est confiée à des entrepreneurs (*contra
tors*) qui, moyennant un prix convenu, entr
prennent tout le service de réparation et
maintien de la voie, le remplacement des rai
traverses et coussinets défectueux, la fournitu
du ballast et sa distribution sur la ligne avec leu
propres wagons, machines et personnel. C
contrats doivent naturellement être longs et n'o
pas moins de cinq ans. Le prix se calcule par an
par mille, et dépend de la nature du sol et de l'ét
du chemin au moment où le marché commenc
Je ne dirai pas qu'il dépend du nombre de trai
qui parcourent la voie, car une expérience
plusieurs années paraît avoir démontré que la d
térioration de la voie est beaucoup moins que pr
portionnelle à la quantité de trains qui la parcouren

Exemple pris sur le chemin de fer de Londres à Birmingham.

Pour donner une idée des prix d'entretien, néce
sairement très-variables avec les chemins, je di
qu'en 1840 la compagnie du chemin de Londres

Birmingham fit un marché pour sept ans et pour une longueur de 83 milles, ou 134 kilomètres, avec un entrepreneur chargé de fournir la main-d'œuvre de réparation, de remplacer, au fur et à mesure de leur détérioration, les rails, les coussinets, les traverses (là où les rails ne reposaient pas sur des dés en pierre) et le ballast, moyennant 300 *l.* par an et par mille, soit 4.657 francs par kilomètre. La compagnie s'étant décidée ultérieurement à faire des travaux très-considérables sur la ligne, comme : gares d'évitement, remplacement de rails par d'autres plus lourds, remplacement des dés en pierre par des traverses en bois, etc., a résilié son marché avec son entrepreneur, en mars 1845. Je doute qu'il ait été repris depuis, vu l'importance des travaux encore en perspective. Dans tous les cas, les règlements des cantonniers restent les mêmes, attendu qu'ils sont considérés comme serviteurs de la compagnie, et comme devant obéir strictement à tous les règlements de la compagnie dans l'une ou l'autre hypothèse.

Les entrepreneurs et leur personnel doivent, aux divers endroits de la voie où ils se trouvent, veiller à sa conservation et à sa protection contre toute tentative malveillante; ils le font naturellement par leurs déplacements fréquents et par des visites périodiques : ils y sont d'ailleurs très-fortement intéressés, puisque les accidents augmentent les dépenses de réparations. D'ailleurs, la compagnie se réserve le droit d'avoir sur la ligne un certain nombre de surveillants ou inspecteurs (*overlookers*) chargés de s'assurer que les travaux des cantonniers (*plate-layers*) sont conformes aux conventions de l'entreprise.

Surveillance du travail des cantonniers.

Voici maintenant le règlement que doivent observer sur le *London and North-Western railway* les *overlookers* ou surveillants, les *foremen* ou chefs cantonniers, et les cantonniers (*workmen* ou *plate-layers*).

Règlement des inspecteurs de la voie, chefs-cantonniers et cantonniers.

1. Les conventions générales suivantes sont celles qui doivent être soigneusement notées et observées quant aux signaux.

Signaux.

Durant la nuit :

La lumière *blanche* indique que la voie est libre ;

La lumière *verte*, qu'il faut avancer avec précaution ;

La lumière *rouge* indique toujours l'arrêt.

Durant le jour :

Au lieu de lampes, on se sert de drapeaux ou planches ayant les mêmes couleurs pour les signaux qui viennent d'être indiqués.

Le sifflet, le jour comme la nuit, indique l'approche d'un train.

Une seconde lampe ou une planche *rouges*, placées à l'arrière d'un train, indiquent qu'il va être suivi d'un train spécial.

Devoirs des inspecteurs des travaux de la voie.

2. Chaque inspecteur des travaux (*overlooker*) doit avoir la liste des noms et demeures de chaque chef-cantonnier de son district; afin qu'en cas d'accident, il puisse tous les réunir sans retard pour porter aide et secours là où il peut être nécessaire.

3. Chaque inspecteur (*overlooker*) est chargé de requérir le nombre d'hommes nécessaire pour éloigner tout obstacle au passage des trains causé

oit par une chute de neige pendant la nuit, soit ar du verglas, soit par des éboulements de terre, oit par toute autre cause soudaine.

4. Chaque inspecteur (*overlooker*) doit veiller, ous sa responsabilité, à ce que l'on ne place, sur u près de la ligne, que les matériaux nécessaires our le remplacement immédiat de ce qui peut tre défectueux, et à ce que ces approvisionne-nents ne causent jamais un encombrement d'où uisse résulter un danger pour les trains. Il doit eiller aussi à ce que les objets remplacés soient ransportés à la station la plus prochaine, d'où ils evront être envoyés, par la plus prochaine occa-ion, à l'établissement central des approvisionne-nents.

5. Chaque inspecteur (*overlooker*) doit dé-endre de placer un drapeau ou une planche *ouge* comme signal d'arrêt sur la voie, sans u'il y ait un homme chargé de maintenir ces si-naux. Le chef-cantonnier doit toujours désigner n homme à cet effet, et cet homme doit rester à on poste, exhibant le signal, tant qu'il n'est as rappelé par le chef-cantonnier.

Devoirs des chefs-cantonniers.

6. Chaque chef-cantonnier (*foreman*), accom-agné d'un de ses hommes, doit parcourir sa sec-ion, chaque jour, avant l'heure du passage des remiers trains montant et descendant. Il doit veil-er à ce que les coins soient tous bien serrés contre es rails dans les coussinets, et s'assurer que rien ur la ligne ne s'oppose au passage des trains.

7. Quand un rail ou une traverse ou un dé en ierre doit être remplacé, ou lorsqu'un encombre-nent quelconque s'oppose au passage d'une ma-hine, le chef-cantonnier doit s'assurer, avant out, que l'on fait en arrière, à une distance de

500 mètres au moins, le signal *rouge* contre tou train qui pourrait arriver sur la voie encom brée; et en temps de brouillard, il ne doit ja mais, sauf le cas de nécessité absolue, permettr l'enlèvement d'un rail ou de tout autre ouvrag pouvant causer un encombrement dangereux a passage d'un train.

8. Lorsque le chef-cantonnier voit ou entend approcher un train, il doit ordonner à ses homme de se garer sur l'accotement le plus rapproché, e jamais entre les deux voies, de crainte qu'il n'ar rive d'accident aux ouvriers, dans le cas où de trains arriveraient dans des directions opposées

9. Chaque chef-cantonnier doit s'assurer qu tous les outils, coussinets et autres menus maté riaux sont renfermés dans les boîtes disposées à ce effet sur la ligne, lorsque la journée ou le travai est terminé, et si les outils sont de dimensions tro grandes pour être renfermés, on doit les attache solidement, sous cadenas, aux boîtes fixées sur l ligne; et dans tous les cas, le chef-cantonnier doi veiller à ce que, durant le travail, les divers ou tils soient placés en dehors de l'atteinte des trains enfin, il doit s'assurer que tout truck o wagon-brouette (*lorry*), quand on n'en fai point usage, est fixé, sous cadenas, à une boîte outils ou à un des poteaux indiquant les distance (*quarter mile post*).

Précautions à prendre lorsqu'on fait usage du wagon-brouette (*lorry*).

Les trucks ou *lorrys* ne doivent être placés su la ligne que pour le transport des matériaux, e tout *overlooker* ou *foreman*, ou tout autre em ployé se faisant transporter sur ces véhicules, ser immédiatement renvoyé.

Tout truck ou *lorry* ainsi placé sur la ligne pou transporter des matériaux, devra être suivi, à 40

mètres au moins, d'un homme faisant en arrière le signal *rouge*.

Ces véhicules ne doivent jamais parcourir la ligne au rebours.

10. On ne doit jamais faire usage d'un truck ou *lorry* en temps de brouillard. Si, dans des cas tout particuliers, on en fait usage dans un tunnel, il faut que le *lorry* soit suivi d'un homme montrant en arrière une lumière *rouge*, et de plus, le chef-cantonnier doit informer le *policeman* placé à l'entrée du tunnel, du temps durant lequel il juge que l'on aura besoin du *lorry* dans le tunnel, afin que le *policeman* puisse tourner son signal *rouge* en arrière, durant tout ce temps-là, pour arrêter toute machine arrivant, et avertir le mécanicien de se tenir prêt à arrêter en arrivant près de la lumière *rouge* placée à 400 mètres en arrière du *lorry*.

11. Tout chef-cantonnier ayant prêté serment comme *constable* doit faire retirer toute personne s'introduisant entre les clôtures ou barrières de son district, et si le délinquant refuse d'obéir, il faut le saisir, le conduire à la plus prochaine station, et le remettre entre les mains de la police de la compagnie. Les chefs-cantonniers sont aussi constables ou assermentés.

12. En relevant la voie, il faut toujours le faire en suivant le sens où les trains arrivent, et ne jamais dépasser, dans aucun cas, 1 pouce 1/2 (environ 4 centimètres) par chaque relèvement, et veiller à ce que, avant l'arrivée d'un train, la partie de la voie relevée soit fermement établie sur toute son étendue, qui doit être au moins de trois longueurs de rails. Le chef-cantonnier sera puni d'une amende pour chaque cas de négligence. Précautions à prendre quand on relève la voie.

Précautions à prendre avant d'enlever un rail pour le remplacer.

13. Avant d'enlever un rail, le *foreman* devra toujours avoir sur place, à pied-d'œuvre, le rail neuf et vérifié d'avance, destiné à remplacer l'ancien, de telle sorte que la voie ne soit pas interrompue plus de temps qu'il n'en faut pour enlever le vieux rail et mettre le nouveau en place. Jamais un rail ne sera déplacé durant la nuit, ni pendant un brouillard, mais toujours et *seulement* en plein jour. Le *foreman* sera puni d'une amende pour chaque cas de négligence.

Après avoir donné les divers règlements qui concernent les employés subalternes de toute classe sur les chemins de fer anglais, je dois ajouter que ces employés sont tenus, *de par la loi*, de s'y conformer, et sont punis sévèrement lorsqu'on peut prouver contre eux une infraction à une portion quelconque des clauses fixées par leur compagnie. Chaque employé est tenu, en outre, d'avoir par devers lui le règlement qui le concerne, et doit pouvoir le montrer à toute réquisition de ses supérieurs.

Voici à cet égard les clauses légales extraites du *bill* relatif aux règlements généraux des chemins de fer (*an act for regulating railways*), passé la quatrième année du règne de la Reine (1841).

Aux 13ᵉ et 14ᵉ articles il est dit :

Peines encourues par les employés de chemins de fer qui ne se conforment pas aux règlements établis par les compagnies anglaises.

« Tout mécanicien, conducteur, facteur, et en » général tout serviteur employé par une compa- » gnie du chemin de fer qui sera trouvé *ivre* du- » rant son service, ou enfreindra tout règlement » ou arrêté de la compagnie; ou qui, méchamment ou par négligence, commettra un acte » quelconque, à la suite duquel la vie ou un

» membre d'une personne circulant sur le chemin » de fer de ladite compagnie sera ou pourra avoir » été exposé à quelque danger, ou bien par lequel » le passage de toutes machines ou voitures, ou » trains, sera ou pourra avoir été compromis ou » arrêté ; ou bien toute personne donnant des con- » seils ou aidant dans la perpétration des actes » susmentionnés : Tous pareils délinquants pour- » ront être sommairement saisis et conduits de- » vant un tribunal de justice de paix, et étant » convaincus d'un quelconque des délits susmen- » tionnés, pourront être condamnés à une amende » de dix livres sterling ou bien emprisonnés et » condamnés au travail forcé (*hard labour*) » pour deux mois. Si le juge de paix le juge con- » venable, il pourra retenir les délinquants en » prison pour être jugés aux prochaines assises » (*next-quarter-sessions*), où, si on les trouve cou- » pables, ils pourront être condamnés à la prison » et au travail forcé pour une période n'excédant » pas deux ans. »

Le quinzième article de la même loi ajoute :

« Tout individu qui, sciemment, commettra » ou fera commettre, ou aidera à commettre un » acte dans le but d'encombrer la voie d'un che- » min de fer au passage d'une machine ou d'une » voiture en service sur ledit chemin, et mettra » ainsi en danger la vie de toute personne trans- » portée sur ladite machine ou dans ladite voiture, » sera coupable de *crime* (*shall be guilty of a* » *misdemeanour*) ; et après conviction dudit, » pourra être emprisonné durant deux ans avec » obligation de travail forcé. »

CHAPITRE II.

ARTICLES DE MESSAGERIES (PARCELS). — TARIFS.

1 *Articles de messageries* (*Parcels*.

Produit des articles de messageries entre Londres et Birmingham.

Les articles de messagerie forment une sourc importante de revenu sur la plupart des chemin anglais. Entre Londres et Birmingham, dont l distance est de 112 1/2 milles, ou en nombre ron de 181 kilomètres, les *parcels* produisent 54.00 livres par an, soit fr. 1,360.000.

Nombre de colis expédiés de Londres vers le Nord dans les années 1844, 1845 et 1846.

Voici un tableau des nombres de colis expédi de la seule station d'*Euston square* du *Londo and Birmingham railway* durant les trois de nière sannées.

MOIS.	1844.	1845.	1846.
Janvier	50.514	55.126	63.581
Février	42.785	43.183	51.570
Mars	44.632	46.393	54.245
Avril	45.533	51.677	53.566
Mai	49.592	56.282	62.583
Juin	43.141	53.500	57.243
Juillet	44.179	54.862	55.370
Août	47.453	56.640	57.273
Septembre	46,463	57.809	59.972
Octobre	53.594	69.117	67.712
Novembre	55.378	65.005	68.076
Décembre	70.457	83.806	92.479
Totaux	593.921	693.400	743.670

En examinant le tableau précédent, on voit ue la moyenne des expéditions journalières de ondres, sur ce railway, s'élève à près de 500 colis.

Le nombre des colis reçus est d'environ 1.200, qui fait un total moyen de 3.700 paquets par ur.

Deux bureaux sont affectés, dans la gare d'*Eus-n-Square*, aux articles de messageries : un bu-au pour l'arrivée (*inwards office*), et un bu-au pour le départ (*outwards office*) (1). Il iste autant de registres d'expédition qu'il y a de ations auxquelles on expédie, et autant de re-stres d'arrivée qu'il y a de stations d'où l'on çoit. Le nombre de ces dernières, y compris les

Deux bureaux sont affectés au service des articles de messageries.

(1) La *fig.* 1, *Pl. VIII*, représente le plan du bureau s articles de messageries, à Londres, du chemin de ndres à Birmingham et en réalité de tous les chemins i se dirigent vers le Nord, dont cette ligne est la grande ère.

L'inspection de ce plan indique que les deux bureaux, départ et d'arrivée, communiquent entre eux par le lieu. Ils sont surveillés tous les deux par un chef dont bureau a vue de tous les côtés, même sur le quai par l'on charge ou décharge les fourgons de messageries, ivant que l'on fait le service de départ ou d'arrivée.

Les paquets sont reçus du dehors, pour le départ, par s commis qui se tiennent dans la partie convexe des mptoirs circulaires A, B, qui ont environ un mètre de uteur. Les paquets arrivés sont délivrés de la même anière au moyen des comptoirs C, D. Le public ne s'in-oduit jamais dans l'intérieur des bureaux.

Le nombre des comptoirs est moindre dans le bureau arrivée que dans celui du départ, attendu que le nombre s paquets ou colis expédiés est au moins double de ce-i des colis reçus.

au delà, est de 72; le nombre des registres d'ex-péditions (*outwards*) est seulement de 62 (1

Nombre des commis.

Le nombre des commis (*clerks*) des deux bu-reaux est de onze, y compris six surnuméraire (*apprentices*). Il y a, en outre, douze *porter* pour l'ensemble de ce service.

Les deux bureaux communiquent l'un dan l'autre et n'en font qu'un seul, de sorte que l employés de l'arrivée ou du départ peuvent, dan le cas de presse, s'aider les uns les autres.

Division du travail des commis.

Les employés des deux bureaux se partagent temps de manière à travailler 8 à 9 heures pa jour, bien que les expéditions ou réceptions d articles se fassent depuis 5 heures du matin jusqu 11 heures 1/4 du soir. Mais ils sont tous présen à 7 heures du soir pour procéder à l'expéditio nombreuse des articles par les deux trains malle du nord qui ont lieu à 8 heures 3/4 et 9 heures du soir. Voici comment les choses passent :

Bureaux sur divers points de Londres servant de succursales à celui de la gare.

La station d'*Euston square* étant éloignée centre de la ville, la compagnie, pour faciliter public, s'est entendue avec des entrepreneurs q ont établi sur divers points de Londres 12 bu-reaux (*receving offices*) pour recevoir les colis q l'on veut expédier dans les différentes stations

(1) Cette différence provient de ce qu'on n'expédie p à toutes les stations *au delà*. Par exemple, au lieu d'e-pédier à une petite station de l'York et Newcastle rai way, située près de Darlington, on expédiera à la stati de Darlington, d'où le paquet sera ensuite expédié à de tination. L'inverse n'a pas lieu : plusieurs petites st tions où l'on n'expédie pas directement de Londres exp dient, au contraire, directement au bureau de Londre qui est alors obligé de leur ouvrir un registre.

villes du nord et *au delà*. La compagnie alloue 2 pence ou 20 centimes pour chaque colis de 56 livres et au-dessous, reçus par les entrepreneurs et apportés par eux à la gare.

La personne qui me donnait ces renseignements ajoutait : « Quant aux paquets reçus du Nord pour Londres, nos entrepreneurs se chargent aussi de les distribuer à domicile à raison de 3 pence ou 30 centimes pour chaque colis au-dessous de 56 livres (25 kilog.) et 6 pence (60 centimes) pour poids au-dessus. La plus grande partie des colis est au-dessous des 56 livres. Les poids supérieurs font l'exception.

Le public peut, à ces bureaux, affranchir les paquets qu'il expédie; les débours y sont payés comme à la gare même, en un mot, ce sont des succursales qui font les affaires de la compagnie; aussi, pour les encourager, la compagnie perçoit elle-même 2 pence ou 20 centimes d'enregistrement pour chaque colis, de sorte qu'il n'y a point d'avantage à venir directement faire ses envois à la gare même.

Expédition de nombreux colis par les trains de malle-poste du soir.

Les *receving offices* envoient les colis pour tous les trains, mais c'est surtout le soir que leur nombre est le plus considérable, et c'est pour cette raison que tous les *clerks* sont alors présents. Au fur et à mesure que les voitures ou omnibus des entrepreneurs arrivent, des *clerks* vérifient si les articles transmis et les sommes remises sont conformes aux factures qui les accompagnent.

Comment les colis sont reçus, vérifiés, classés, enregistrés, facturés et expédiés.

Au fur et à mesure de la vérification des articles, ils sont classés par les *porters* suivant leur destination. Pendant ce même temps un *porter*, assisté de deux autres, prend les articles pour Liver-

pool, par exemple; il les appelle lentement à haute et intelligible voix, les numérote en gros chiffres avec un crayon rouge (le premier numéro d'ordre, qui recommence à chaque train, lui ayant été indiqué par le *clerk* enregistrant) et les pèse. Il prononce donc aussi distinctement que possible le numéro de *l'article*, *sa nature*, le nom du *destinataire* (on n'écrit ni le poids, ni le nom de *l'expéditeur*), *la somme à payer* ou *le port payé* ou *le débours*. Pendant que le premier *porter* parle, un *clerk* enregistre et un autre fait la feuille de route. Le second *porter* colle des étiquettes préparées à l'avance par un jeune commis qui se trouve à portée, et indiquant si le port est payé ou si le destinataire a à le payer. Enfin, le troisième *porter* prend les paquets enregistrés et étiquetés et les place dans le fourgon à messageries (*parcel's van*) affecté au lieu pour lequel ils sont destinés.

Rapidité d'expédition. Ce procédé est très-rapide et les commis, qui ont une très-grande habitude, suivent la parole du *porter* appelant, sans presque jamais s'arrêter; j'ai vu ainsi recevoir, vérifier, numéroter, enregistrer, facturer, et classer dans les fourgons 1060 paquets en 1 h. 1/2 environ.

Les fourgons à messageries pouvant venir se placer derrière les deux bureaux de départ et d'arrivée, sans obliger les *porters* à aucun transport, facilitent beaucoup les opérations d'expédition et de réception des articles. (Voir le plan, *Pl. VIII, fig.* 1.)

Le bureau d'arrivée est débité de la valeur de tous les articles qui lui ont été expédiés, et doit en envoyer le montant lors même qu'il n'en aurait pas fait le recouvrement : cela excite pré-

cisément la rapidité du recouvrement, sauf ensuite au commis d'arrivée à se faire créditer par le renvoi au bureau expéditeur des articles dont il ne pourrait recouvrer le port.

Chaque bureau d'arrivée et chaque bureau de départ envoient tous les jours au contrôle, à Londres, un extrait des totaux qu'ils ont reçus des diverses stations, et des totaux qu'ils ont expédiés. L'extrait des articles reçus est accompagné des feuilles de routes (*way bills*) qui ont été envoyées par les bureaux expéditeurs.

Résumés hebdomadaires faits par tous les bureaux comptables.

Outre l'extrait journalier, les bureaux envoient encore à certain jour fixe un extrait hebdomadaire sous une forme très-condensée; c'est d'ailleurs une mesure générale pour toutes les branches du revenu. Ces extraits hebdomadaires ont l'avantage de faire faire aux employés comptables un examen de leur situation personnelle et facilitent le contrôle dans son résumé général du trafic pour chaque semaine.

L'ensemble de toutes les écritures est fort simple; elles se bornent au nécessaire, et c'est précisément cette simplicité, d'ailleurs très-efficace, qui explique pourquoi le contrôle, avec un très-petit nombre d'employés, peut suffire à des vérifications très-nombreuses et portant sur des valeurs très-considérables.

Bureaux des stations de province.

Dans les provinces, le *parcel's office* est naturellement organisé sur des proportions beaucoup moindres qu'à Londres, et il ne sera peut-être pas inutile de compléter ce qui précède par l'exposé de ce qui se passe à Liverpool.

Bureau de Liverpool.

Dans cette ville, le service des paquets ou articles de messageries (*parcels*) est divisé ainsi : un

seul bureau *pour l'arrivée et le départ* des coli de la route Nord-Est, et un seul bureau pou *l'arrivée et le départ* des colis de la route Sud c'est-à-dire route de Birmingham et Sud de Londres : ce dernier étant le plus important, j'en décrirai l'organisation.

Travail moyen du bureau de Liverpool pour la route du Sud.

Le travail moyen de ce bureau à l'époque o je l'ai visité, portait sur 500 colis et 1.000 gallon (4.843 litres) de lait par jour.

Ce bureau fait lui-même le factage pour la compagnie.

Ce bureau transporte les colis à domicile e même à la campagne. Le factage est toujours compris dans le prix de transport, et on ne le mentionne jamais à part. Pour donner ici une idée de prix, je dirai qu'entre Londres et Liverpoo (210 milles ou 338 kilomètres), on paie 2 schellings (2 fr. 50 c.) pour tout colis au-dessous d 16 livres ($7^{kil.}$,20). Entre Londres et Birmingham (113 milles ou 181 kilomètres), le mêm poids se paie 1 schel. ou 1 fr. 25 c. (1)

Personnel du bureau : un chef et deux commis.

Le personnel du bureau se compose ainsi :

Un chef (*head clerk*), payé 130 liv. st. par an e fournissant un cautionnement de 140 liv. st. Il vient au bureau à 9 heures du matin, s'absente dans la journée environ 2 heures pour son dîner, et revient jusqu'à 8 heures 1/4 du soir.

Partage du travail entre les deux commis.

Deux commis (*assistants*) payés chacun pa quinzaine, l'un à raison de 35 schellings par se-

(1) Voici l'échelle générale des prix entre Londres e Liverpool :

Au-dessous				
de 40 milles et pour 10 liv. :	8 pence ;	par liv. en sus :	1/2 penny.
de 80	—	10	—	3/4
de 120	—	1 sch.	—	1 penny.
de 160	—	1 6	—	1 1/2
de 210	—	2 »	—	2 pence.

naine (44 fr. 10 c.), l'autre à raison de 30 37 fr. 80).

Ils échangent leur travail par semaine de manière à se partager également les heures avantageuses et les heures désavantageuses. Ils appellent cela alterner les *late weeks* et les *early weeks*.

Dans l'*early week*, ou semaine matinale, le *clerk* de service vient à 5 heures du matin et quitte à 9 heures, revient à midi et quitte à 2, revient à 5 heures et quitte à 6 heures 1/2.

Le service de *late week* est comme suit : venir 9 heures, quitter à 12 ; venir à 2, quitter à 5 ; venir à 6 heures 1/2, et quitter à 8 heures 1/4. On voit ainsi que l'un arrive quand l'autre quitte, et réciproquement.

Le *parcel's office* en question compte en outre *porters* et deux jeunes garçons ou apprentis, *boys*. Leur ouvrage est ainsi divisés :

Quatre porters et deux enfants font tout l'ouvrage intérieur et extérieur.

Deux *porters* à 30 schellings par semaine, ayant chacun une voiture attelée d'un bon cheval pour remettre les paquets à domicile ; les 2 *boys* accompagnant chacun un de ces *porters* pour les aider. L'un de ces garçons gagne 12, l'autre 8 schellings.

Un *porter* à poste fixe dans le bureau *office porter*. Il reçoit les colis que l'on apporte pour les expédier, les pèse, les étiquette, et fait le gros ouvrage du bureau. Sa paie varie de 18 à 20 schellings par semaine.

Enfin, il y a un *porter* chargé de remettre les colis destinés aux nombreuses habitations des négociants et marchands hors de la ville ; il s'appelle *out of town parcel's porter* ou facteur des paquets hors ville.

Sur le *London and South-Western railway*
les prix sont comme suit :

Voyageurs.

		Par mille.	Par kilo
Express-trains,	1[re] classe.	3[d],08	20[cent.],0
Id.	2[e] classe.	2 ,60	16, 9
Trains ordinaires,	1[re] classe . . .	2 ,15	13, 9
Id.	2[e] classe . . .	1 ,50	9, 7
Id.	3[e] classe . . .	1 ,00	6, 5

Voitures particulières.

	Par mille.	Par kilo
Le prix diminue comme la distance augmente en variant. .	de 7[p] 1/2 à 5 1/2.	de 48[cent.],8 à 35, 8

Chevaux.

Prix par chaque cheval.		Par mille.	Par kilomètre
Le prix diminue à mesure que la distance augmente en variant. . .	1 cheval	6[d],50 à 4,62	— 42[c],31 à 30,0
	2 ch. de	4 ,61 à 3,00	— 30 ,01 à 19,5
	3 ch. de	3 ,70 à 2,55	— 24 ,08 à 16,6

Sur le *London and North-Western railway*
dont la longueur totale est de 378 milles ou
608[kilom.],86, comprenant toute la distance entre
Lancastre, Liverpool, Birmingham et Londres,
plus divers embranchements et la ligne de Liver-
pool à Manchester, les prix sont comme suit :

Voyageurs.

		Par mille.	Par kilo
Express-trains.		2[d],60	16[cent.],9
Trains ordinaires,	1[re] classe. . .	2 ,10	13, 6
Id.	2[e] classe. . .	1 ,50	9, 7
Id.	3[e] classe. . .	1 ,00	6, 5

Chevaux.

Chaque cheval paie, qu'il y en ait un, deux o

trois appartenant à la même personne, dans la même écurie :

	Par mille.	Par kilom.
	3d,00	19cent.,53

Voitures.

	Par mille.	Par kilom.
Chaque voiture.	4d,25	27cent.,66

Les *grooms* voyageant dans les écuries pour prendre soin des chevaux paient le prix d'une seconde classe.

La compagnie entend ne pas engager sa responsabilité pour plus de 1000 francs, pour perte ou blessure d'un cheval ou de tout autre animal qu'elle transporterait, à moins qu'au moment du départ le propriétaire du cheval ou son agent ne donne une déclaration écrite de la valeur attribuée à l'animal ; mais alors l'expéditeur doit payer en sus du prix régulier de transport la somme de 2 1/2 p. 0/0 de la valeur attribuée à l'animal au-dessus de 1000 francs, quelle que soit cette valeur et quelle que soit aussi la distance de la destination. En cas d'accident, la déclaration écrite du propriétaire de l'animal fait loi pour la somme à payer par la compagnie comme dommages et intérêts. Cependant la compagnie ne se considère pas comme engagée, si la blessure ou la perte de l'animal provient, soit partiellement, soit entièrement, de ce qu'il est peureux ou rétif.

Les voyageurs voyageant dans leurs propres voitures paient les prix de première classe, et leurs domestiques les prix de seconde classe.

Tarif du transport de la viande et du poisson frais en Angleterre.

Le prix du transport de la viande et du poisson frais de Newcastle à Londres (303 milles ou

487kilom.,83), par les trains de malle faisant la route en 12 heures, est de 4 pence par tonne et par mille, soit 26cent.,04 par tonne et par kilomètre. A ce prix, on ne prend pas moins d'une demi-tonne, et les expéditeurs doivent apporter le poisson ou la viande à la gare. Le transport à domicile est payé en sus, s'il est effectué par la compagnie; mais en général ces denrées sont attendues à l'arrivée et enlevées immédiatement pour le marché par les destinataires. Le prix de 4 pence par tonne et par mille, ou 26cent.,04 par tonne et par kilomètre, est un prix général sur les lignes anglaises.

Tarif du transport du bétail.

Les prix sont en général comme suit :

Bétail maigre, cochons, moutons : 4 d. 1/2 par truck par mille, ou 29cent.,29 par kilomètre, lorsqu'on prend plus de deux trucks; 5 d. 1/2 par truck par mille, ou 35cent.,80 par kilomètre, lorsqu'on prend deux trucks seulement, et 6 d. par truck par mille, ou 39cent.,04 par kilomètre, lorsqu'on prend un seul truck.

Un seul truck donne droit de voyage gratuit au gardien qui accompagne les animaux, mais seulement pour aller; deux trucks donnent au gardien droit d'aller et de retour gratuit; enfin un grand nombre de trucks étant loués par un propriétaire de bestiaux, on lui laisse facilement le droit de faire voyager deux et quelquefois trois gardiens gratuitement pour l'aller et le retour.

Bétail gras.

Le transport du bétail gras se paie plus cher :
1 truck coûte 6 d. par mille;

2 trucks et au delà, 5 d. 1/2 par truck et par mille.

Quant aux gardiens, mêmes conditions que ci-dessus.

Les wagons ou trucks à bestiaux contiennent de 6 à 7 bœufs gras, suivant leur taille, ou de 8 à 9 bœufs maigres. On vise à ce que les bœufs soient introduits dans ces trucks de manière à être serrés les uns contre les autres. Dans cette position, ils ne peuvent se blesser les uns les autres.

Wagon employé au transport des bestiaux.

La *Pl. IX fig.* 9 à 13, donne une idée du wagon employé en général en Angleterre pour le transport des bestiaux. Le système de roues que j'ai représenté n'est pas réellement celui adopté pour ce genre de wagons. J'ai voulu seulement indiquer le genre de roues que j'ai vu fréquemment employé sur le chemin de Londres à Birmingham pour des voitures de voyageurs. Les rais sont formés deux à deux par des bandes de fer plat arrondies, de façon que la partie ronde s'applique contre le bandage et que les extrémités se logent dans le moyeu en fonte. Les rais sont soutenus extérieurement par des plateaux de bois comme l'indique la *fig.* 9. Ces bois sont de l'épaisseur des rais. On prétend qu'ils rendent le mouvement de la voiture plus doux et plus élastique.

La porte d'entrée du wagon, *fig.* 9, a cela de particulier qu'elle se divise en trois parties, savoir : deux portes (*eghb*, *fghc*) qui s'ouvrent à la façon ordinaire, et une troisième partie (*bhcda*) qui est destinée à pouvoir se rabattre sur le quai où le bétail est embarqué ou débarqué. Cette troisième partie est importante en ce qu'elle offre toujours au bétail un point très-solidement fixé au wagon. Le bœuf est un animal très-timide, qui opposerait de grandes difficultés à entrer dans le wagon s'il posait le pied sur une planche mal assurée. Les *fig.* 11, 12 et 13 représentent le détail des ferrures servant à fermer le wagon. En levant l'espèce de loquet *lqr*, *fig.* 12, jusqu'à ce que la partie carrée *qr* dépasse la partie carrée du gros piton *pp'* et n'embrasse plus que sa partie ronde, elle peut tourner et alors on peut rabattre la portion inférieure de la porte d'entrée. Mais lorsque le loquet est posé de manière que sa partie carrée entre dans la partie carrée du gros piton *pp'* et que sa languette s'applique contre la porte comme l'indiquent les *fig.* 9 et 13, alors le tout est solidement fermé et la porte ne peut se rouvrir en route.

On laisse les propriétaires de bestiaux ou ani-

maux quelconques introduire à leurs risques e périls, dans les trucks, le nombre de bêtes qu'il jugent convenables; si quelques-uns sont étouffés ce qui arrive quelquefois lorsqu'on transporte de cochons ou des moutons, la compagnie ne pai aucune indemnité. Les wagons à bestiaux servan souvent au transport d'autres espèces plus petite qui, dans leur frayeur, se serrent ou se couchen les unes contre les autres, on a soin de ménage tout autour de la paroi latérale du truck, à une hauteur d'environ 30 centimètres du fond, une ouverture de 8 à 10 centimètres, qui, dans la marche du train, laisse établir un courant d'air facilitant la respiration d'animaux entassés dans un milieu promptement fangeux et aussi prompte-ment délétère sans cette précaution.

Un train d'animaux se compose de 20 trucks, en moyenne, pour bétail gras, et de 26 trucks pour bétail maigre et autres animaux.

Les trucks à bestiaux, porcs et moutons sont généralement munis, en Angleterre, de tampons à ressorts, afin d'amortir les chocs des trucks entre eux ou contre les wagons de marchandises, chocs qui, [illegible], sont regardés comme pouvant être dangereux pour les animaux.

Le *London and North-Western railway* est, comme on a pu le voir ci-dessus, celui des chemins anglais dont les tarifs sont les plus bas. Depuis dix-huit mois cette grande ligne a fait, à ses frais, l'expérience d'une réduction un peu trop brusque dans les prix de transport. En prenant pour base ceux qui étaient adoptés entre Londres et Birmingham durant l'année 1845, on trouve que les prix, depuis la fusion des diverses compagnies formant maintenant celle appelée *London*

and North-Western, ont été diminués, savoir : ceux des places de première classe de 23 p. o/o; ceux des places de deuxième classe de 6 à 7 p. o/o.

Les prix de transport de chevaux ont été abaissés de 33 p. o/o, et ceux des voitures de 11 p. o/o.

Le résultat a été que l'ensemble des chemins compris sous le nom de *London and North-Western railway* ont transporté, durant le dernier semestre finissant au 31 décembre 1846, 3.277.590 voyageurs, au lieu de 2.793.372 dans la période correspondante de 1845 ; il y a eu, par conséquent, augmentation de voyageurs, et cependant les recettes ont diminué de 6.796 liv. st. ou 169.900 francs. D'un autre côté, les dépenses pour pourvoir au transport de ce surplus de voyageurs ont dû être nécessairement un peu plus considérables ; cependant la compagnie n'en paie pas moins 10 p. o/o à ses actionnaires, et il est probable que l'accroissement du nombre de voyageurs fera plus que compenser un sacrifice momentané, la différence de recettes 6.796 liv. st. avec l'année précédente n'étant que 0,61 ou 3/5 p. o/o de la recette totale brute (1.098.345 liv. st.) et 1,03 p. o/o de la recette nette (653.910 liv. st.) (1).

(1) Depuis que ce travail est fait, la première réunion semestrielle pour 1847 des actionnaires du *London and North-Western railway* a eu lieu, sous la présidence de M. Glyn. Le rapport signale une diminution encore plus grande dans les recettes, savoir : 24.744 livres sterling en moins au lieu de 6.796, comme au semestre précédent. Le dividende a été à raison de 9 au lieu de 10 p. 100. Mais, ainsi que l'a déclaré M. Glyn, cela ne prouve encore rien contre la politique des tarifs réduits. En effet, les six mois écoulés ont été une époque exceptionnelle de

C'est ce que je vais tâcher de rendre plus clair e
m'appuyant sur des chiffres officiels.

D'après M. Creed, secrétaire de la compagn
du *London and Birmingham railway*, le poi
moyen des trains de voyageurs du *London an*
Birmingham railway était de 51t,1 en 184
En examinant le compte rendu officiel du semest
finissant le 30 juin 1845, on trouve que 615.90
voyageurs ont été transportés par 6.254 train
soit un peu plus de 98 voyageurs par train e
9t,8, à raison d'une tonne pour 10 voyageurs,
compris leurs bagages. De plus, ces voyageu
ont été transportés à une distance moyenne d
63 milles (la longueur totale du chemin étant d
112 milles). Si l'on retranche 9t,8 de 51t,1, poi
total moyen du train, on aura le poids moye
des voitures vides, soit 41t,3.

Maintenant, je ferai remarquer que sur un
totalité de 615.904 voyageurs il y a eu 169.963 d
première classe, soit 27,60 p. 0/0 et 72,40 p. 0/
de deuxième et troisième classe. Comme o
laisse plus de latitude pour les voitures de premiè
classe, nous admettrons 3 1/3 de celles-ci et 7 d
deuxième ou troisième classe, plus 1 fourgon
bagages. Or, le poids d'une voiture de premièr
classe est de 4 tonnes, celui d'une voiture d
deuxième classe, de troisième classe ou d'un fourgo
à bagages est de 3t,5 environ. On aura donc en t

---

misère, de famine, durant laquelle les voyages ont d
être et ont été nécessairement beaucoup moins nombreu
qu'ils ne le sont dans la condition moyenne des affaire
Durant la même époque aussi les transports de marcha
dises ont dû éprouver le contre-coup d'une fabrication co
sidérablement réduite par une crise commerciale des pl
rudes.

talité un poids de $4^t \times 3\ 1/3 + 3^t,5 \times 8 = 41^t,33$ qui, ajoutées aux $9^t,8$, poids des voyageurs (qui, on le voit, n'est pas tout à fait le cinquième du poids total), donnent $51^t,13$, poids sensiblement égal au poids moyen indiqué pour chaque train. Nous pouvons donc admettre pour composition moyenne des trains 3 voitures 1/3 de première classe, plus 7 voitures de deuxième ou de troisième classe et 1 fourgon à bagages.

Chaque voiture de première classe contenant 18 places et chaque voiture de deuxième et troisième classe en contenant 24, il y a donc $24 \times 7 + 3\ 1/3 \times 18 = 228$ places. Or, il n'y a que 98 places occupées; donc, il y a une perte de 130 places en moyenne par train, ou sur 6.254 trains en six mois, 813.020 places qui, à un 1 penny seulement par place par mille et en tenant compte de ce que les voyageurs parcourent en moyenne 63 milles, eussent rapporté 813.020 × 63 × 1 penny = 51.220.260 pence = 213.417 livres sterling.

Il n'y a à payer en sus que le coke nécessaire à transporter l'excès de poids que l'on peut calculer à raison de 0 ℔,50 par tonne et par mille (1) dans les trains de voyageurs en calculant 63 milles pour chacun d'eux et 10 voyageurs pour 1 tonne, on a pour la dépense 81.302 × 63 × 0 ℔,50 =

(1) Ce prix a été plus élevé sur le *London and Birmingham*, il est monté jusqu'à 0 ℔,87 par tonne et par mille par train de voyageurs. Mais cela tient au système de petites machines exclusivement adopté sur cette ligne, il y a encore environ dix-huit mois, système qui est remplacé successivement par un autre de machines très-puissantes qui opéreront la traction au prix moyen que j'ai indiqué.

5.122.026×0 lb,50=2.561.013 lb=1.161 tonnes françaises ou 1.143 tonnes anglaises qui, à raison de 25 schellings par tonne, font 1.428 liv. st.

Maintenant si on ajoute les voyageurs réellement transportés (615.904) au nombre qu'on eût pu transporter en sus (813.020), on a un total de 1.428.924 voyageurs. Supposons qu'on les transporte à 63 milles (ou 101 kilomètres), à raison de 1 penny par mille, cela fait une recette totale de 90.022.212 pence ou 375.092 liv. st.

La recette réelle ayant été, durant la même période, de 293.669 liv. st., elle eût donc été augmentée de 81.423 liv. st., et en déduisant le coût du charbon nécessaire au transport du surplus des voyageurs, savoir 1.428 liv. st., il serait resté une augmentation nette de 79.995 liv. st., en nombre rond 2.000.000 de francs, soit environ 27 p. 0/0 de la recette brute primitive ou 45 p. 0/0 de la recette nette.

Ainsi le transport d'un surcroît de voyageurs jusqu'à la limite extrême de 228 places par train en moyenne, au lieu de 98, ne donnera lieu qu'à une dépense additionnelle insensible, tandis que, au contraire, les recettes s'amélioreront sans cesse, même avec un tarif très-bas, tel, par exemple que 6 à 7 centimes en moyenne par voyageur et par kilomètre. Il est vrai que la durée limitée des concessions ne permettrait peut-être pas aux compagnies d'attendre, sans compromettre leurs affaires, l'effet de l'établissement permanent des tarifs très réduits que j'ai admis dans l'hypothèse purement théorique de trains toujours remplis; mais il y a cependant dans ce qui précède des indications que les compagnies pourraient trouver utile de ne pas négliger. En effet, en reprenant le chiffre ré-

du transport des voyageurs durant le premier semestre 1845 sur le *London and Birmingham railway*, savoir : 615.904, et le chiffre possible, savoir : 1.428.924, on voit que ces chiffres sont à peu près dans le rapport de 3 à 7, c'est-à-dire que le chiffre transporté n'est que les 3/7 de celui que l'on pourrait transporter avec un surcroît presque insensible de dépense, car il ne s'élève pas au delà de 1 3/4 p. 0/0 du surcroît de recette.

Il y a donc lieu pour les compagnies de rechercher tous les moyens en leur pouvoir d'exciter chez les habitants des localités que leurs chemins traversent le désir, ou mieux, le besoin des voyages. Le premier moyen est l'abaissement des prix, non pas brusque, mais successif, car les habitudes sont lentes à se former.

Avec le bon marché on excite aux déplacements et les déplacements donnent lieu aux affaires, les provoquent, tout comme les affaires provoquent les déplacements. Ce sont deux faits réciproques l'un de l'autre.

Le second moyen consiste à profiter des fêtes ou des anniversaires pour organiser des voyages d'aller et retour dans un délai de deux ou trois jours non pas à 2 ou 3 trois lieues de Paris par exemple, mais à une grande distance qui offre tout l'attrait du nouveau, de l'inconnu.

Si ces voyages étaient annoncés à l'avance, et si l'on fixait le nombre des billets égal au nombre des places de 24 voitures de deuxième classe, par exemple, soit 720 places, on aurait du bénéfice à les taxer seulement au quart total du prix d'aller et retour. Le produit pour aller de Paris à Valen-

ciennes par exemple (276 kilomètres), serait en effet 7°,5 + 720 + 276 kilom. = 3.726 francs pour les deux voyages, soit 1.863 fr. par voyage.

Au lieu de fixer le chiffre aussi bas que je l'ai dit, on pourrait, par exemple, l'élever au tiers du prix total d'aller et de retour, et alors on obtiendrait 4.968 fr. pour les deux voyages d'aller et de retour, soit 2.484 par voyage.

Les compagnies anglaises profitent de diverses occasions : des fêtes de Pâques, par exemple (*Easter Days*), pour organiser des trains à bon marché (*pleasure trips*). Quelquefois ce sont des particuliers qui font la spéculation, ils assurent à la compagnie une certaine somme pour un certain nombre de voitures et de billets.

Les heures de départ ou de passage, dans certaines localités principales, ainsi que les retours, sont convenues. La compagnie délivre le nombre de billets qui a été stipulé, puis les spéculateurs font eux-mêmes les annonces et placent les billets, etc.

En faisant ainsi au public des concessions sur leurs tarifs à certaines époques de l'année, les compagnies ont le double avantage de réaliser des bénéfices qu'elles n'eussent pas faits en s'abstenant, et en outre d'accoutumer le public à se déplacer et à prendre le goût, le besoin des voyages.

Tarifs autorisés et tarifs réellement perçus.

Les tarifs autorisés par les cahiers des charges des diverses lignes anglaises sont beaucoup plus élevés que les tarifs réellement perçus.

Depuis l'ouverture du chemin de Londres à Birmingham, les prix des places des voyageurs,

du transport des chevaux, des voitures, des marchandises, ont subi sur ce chemin des réductions considérables qui se sont étendues successivement au *Grand-Junction*, au *Liverpool and Manchester railway*, etc., en un mot, à toutes les lignes formant aujourd'hui le *London and North-Western railway*.

Pour en donner une idée : il en coûtait autrefois, et encore en 1844, 32 sch. 6 d. (40 fr. 95 c.) pour aller à Birmingham par les trains de malle (qui n'avaient pas la vitesse des *express-trains*, commencés en 1845), 30 schellings pour les premières classes des trains ordinaires, 25 schellings et 20 schellings pour les deuxième et troisième classes.

Aujourd'hui, il en coûte 25 schellings pour aller de Londres à Birmingham par les *express-trains*. Le même voyage pour aller dans les premières, les deuxièmes et les troisièmes classes des trains ordinaires coûte 20, 14 et 9 1/2 schellings. En d'autres termes, on va aujourd'hui à Birmingham par l'*express-train* et en première classe au même prix que l'on payait il y a trois ans pour aller par les deuxièmes classes (en deux fois plus de temps) et l'on va aux premières classes des trains ordinaires pour le prix que payaient, il y a à peine cinq ans, les voyageurs des troisièmes classes.

La différence est plus frappante si l'on tient compte des billets d'aller et de retour pour le même jour (*day-tickets*), sur lesquels on fait une réduction du tiers du prix du double voyage. Ainsi, en 1844, on dépensait 60 schellings (75 fr. 60 c.) par les trains ordinaires en première classe et 50 sch. (63 fr.) en deuxième classe pour le double voyage; aujourd'hui on peut aller à Birmin-

gham et revenir le même jour en payant 26 sch. 1/2 (33 fr. 39 c.) en première classe et 18 sch. 1/2 (23 fr. 30 c.) en deuxième classe.

L'influence que les chemins de fer ont sur le bon marché des transports peut être démontrée par un fait plus frappant encore, quoique la réduction dans ce cas ne vienne pas exclusivement du fait des chemins de fer.

M. George Carr Glyn, président des directeurs du *London and Birmingham railway*, disait aux actionnaires réunis en assemblée générale (février 1846), qu'en 1838, avant l'ouverture entière des lignes reliant Liverpool et Manchester à Londres, il en coûtait 4 liv. st. 10 sch. (ou 112 fr. 60 c.) pour transporter une tonne (1.015 kilog.) de marchandises de Manchester à Londres (198 milles ou 318$^{kilom.}$,78), tandis que maintenant le même poids peut être expédié de Manchester en Chine par Londres pour environ 3 liv. st. 5 sch. (ou 81 fr. 90 c.)

L'ouverture des chemins de fer et aussi la communication beaucoup plus fréquente de l'Angleterre avec la Chine, depuis le traité conclu par sir H. Pottinger avec le céleste empire, ont amené ce résultat remarquable.

Marchandises.

J'ai dit en commençant le chapitre *des tarifs* que je remettrais à un autre mémoire les détails de ceux qui concernent les marchandises; j'indiquerai cependant ici le trait général du tarif des marchandises de la plus grande ligne qui existe en Angleterre (le *London and North-Western railway*).

Sur ce chemin, dont la longueur dépasse 600 kilomètres, le chiffre des tonnes transportées est d'environ un million. Les prix varient de 1 penny à 6 pence par tonne et par mille, soit de 6 centimes à 39 centimes par tonne et par kilomètre, suivant la distance à parcourir et la classe de la marchandise. En moyenne on peut compter que la compagnie perçoit 2 pence par tonne et par mille (13 centimes par tonne et par kilomètre) sur le tonnage général qu'elle transporte.

Je dirai aussi, en passant, un mot sur les prix de transport des grains et des charbons, ces prix étant toujours fort intéressants à connaître. Les facilités plus ou moins grandes du transport des produits qui forment la base de la nourriture des populations, et du minéral qui fournit les moyens de créer la force industrielle, ne sont-elles pas, avec celles du transport des hommes, les faits majeurs de l'utilité des voies de communication?

J'aurai plus loin l'occasion (p.401) de citer des prix de transport des grains en Angleterre. En général, au delà de 80 kilomètres, le prix est de 9 à 10 centimes par tonne et par kilomètre sur les chemins où le transport est fait d'après les tarifs les plus bas; il faut y ajouter les frais de chargement et de déchargement, qui s'élèvent à 1 fr. 90 c. et 1 fr. 57 c., ensemble 2 fr. 47 c. par tonne, lorsqu'ils sont opérés psr le personnel du chemin de fer.

Les prix des transports du charbon et du coke sont comme suit sur les chemins compris sous le nom collectif de *York and Newcastle railway*, où, cette année, les transports de charbon ont lieu

sur le pied presque incroyable de 4 millions de tonnes (1).

Prix des transports des charbons de terre et du coke sur le chemin d'York à Newcastle.

Distances.	Prix par tonne et par mille.	Prix par tonne et par kilomètre.
Au-dessous de 6 milles ou 9kilom.,66.	2p 1/2	0fr,1627
Au-dessous de 10 milles ou 16kilom.,10.	2 »	0fr,1302
Au-dessous de 10 milles ou 32kilom.,20.	1 3/4	0fr,1139
Au-dessous de 30 milles ou 48kilom.,30.	1 1/2	0fr,0976
Pour 40 milles ou 64kilom.,40 et au-dessus.	1 »	0fr,0651

De Newcastle à York, distance 84 milles ou 135kilom.,24, et au delà d'York (Sud d'York), le prix varie de 3/4 de penny à 7/8 de penny par tonne et par mille, ou de 0f,0488 à 0f,0569 par tonne et par kilomètre.

(1) Ces renseignements m'ont été donnés par M. James Allport, directeur du chemin d'York à Newcastle, embranchements compris, et du chemin de Newcastle à Berwick. C'est pour moi un agréable devoir de rendre un hommage public à l'expérience consommée, à la complaisance sans bornes de cet aimable homme dont les connaissances pratiques en exploitation de chemin de fer ne sont surpassées par personne en Angleterre. Je dois à l'obligeance de M. Allport une foule de détails instructifs dont j'ai fréquemment profité, et des occasions nombreuses d'étudier notamment le *traffic* des charbons qui, dans le comté de Durham a acquis, comme chacun sait, des proportions colossales, uniques dans le monde.

Les prix qui précèdent supposent que les frais de chargement et de déchargement sont supportés par les négociants pour qui se font les transports; la compagnie du chemin de fer fournit seulement les wagons et le pouvoir moteur.

Il est bon de noter aussi que les prix précédents supposent des wagons revenant à vide.

Wagons employés au transport des charbons.

La *Pl. IX*, *fig.* 1 à 8, représente un wagon employé à transporter le coke et le charbon de Newcastle à de grandes distances. La contenance peut aller jusqu'à six tonnes. Je me sert du mot transport à de grandes distances, parce que, dans le comté de Durham, le commerce local (*local traffic*) se fait au moyen de petits wagons contenant 53 *hundred-weights* ou 2 tonnes 13/20. Je n'ai pas cherché à décrire l'un de ces wagons qui se trouve très-exactement représenté (série G, *Pl. III*) dans le *Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer* de MM. Auguste Perdonnet et Camille Polonceau, et qu'ils indiquent comme étant également usité en France, sur le chemin d'Alais à Beaucaire. Le prix du wagon que j'ai représenté *Pl. IX* est, en Angleterre, de 70 liv. st. ou 1.750 fr. En France, il coûterait environ 3.000 fr. On voit par le dessin que ce wagon s'ouvre par le bas au moyen de deux trappes TR, T'R', dont le jeu peut être facilement saisi en examinant les *fig.* 1, 3, 5, représentant diverses vues du wagon, ainsi que par les détails représentés par les *fig.* 6, 7 et 8. La poignée *pg* étant tirée en dehors, *fig.* 5, dans le sens de la flèche, cesse de soutenir le petit entretoise *ab*, *fig.* 6, et la trappe tombe. Le wagon est fortement évasé, comme on l'a montré par les lignes pointillées de la *fig.* 1. Les lignes pointillées près le fond du wagon, *fig.* 2, représentent deux planches inclinées placées dans le sens longitudinale du wagon et servant à mieux diriger le charbon vers le fond. Avec cet arrangement, la section inférieure du wagon correspond en longueur et largeur aux dimensions réunies des deux trappes du fond. Les planches formant le corps du wagon sont reliés entre elle par des côtes en fer *xy* dont les dimensions sont visibles par l'examen des *fig.* 1 et 2. Intérieurement les planches sont reliées eucore par des bandes en tôle disposées aussi de haut en bas et clouées sur les planches. Enfin la partie supérieure du wagon est fortifiée dans tout son pourtour par un fer d'angle à angle obtus, dont un des côtés est cloué contre la paroi supérieure du wagon et dont l'autre côté est horizontal. Comme renfort, on a rattaché la paroi transversale à la paroi longitudinale par des barres de fer *vz* placées en diagonale aux quatre angles du wagon.

Le wagon qui vient d'être décrit sert au transp
et du charbon.

Pour des charbons très-volumineux, comme ceu
byshire, cette forme de wagon ne conviendrait plus.
préférer des vagons beaucoup moins profonds et s'o
côté.

EXPLICATION DES TABLEAUX CI-JOINTS.

Les tableaux 1 et 2 représentent le *recto* et le *verso* des états hebdomadaires envoyés au bureau du contrôle du chemin de fer de *Birmingham à Bristol*, par chacune des stations de la ligne.

Les tableaux 3 et 4 représentent le *recto* et le *verso* des résumés hebdomadaires du contrôle lui-même d'après les états des stations vérifiés. J'ai cherché à *franciser* ces feuilles en supposant un chemin de fer de *Paris à* . . . . . et remplissant les colonnes par des chiffres fictifs. Les billets de voyageurs sont supposés être du système *Edmondson*.

Les tableaux 5 et 6 représentent le *recto* et le *verso* des rapports faits par les conducteurs du *London* et *North-Western railway* après chaque voyage. J'y ai mis quelques chiffres pour les rendre plus intelligibles.

Le tableau 7 indique la composition du personnel des stations entre Londres et Birmingham, y compris les embranchements, ainsi que les nombres de voyageurs, tonnes de marchandises, bestiaux, moutons, etc., expédiés de chacune de ces stations. L'examen de ce tableau peut être utile pour juger du rapport qui existe, sur une ligne très-commerciale, très-prospère, entre le personnel d'employés, y compris les conducteurs de trains, les surveillants de jour et de nuit, etc., dans les diverses gares ou stations, et leur importance sous le rapport de l'expédition des voyageurs, des animaux, des marchandises, etc. Il est bon de noter toutefois que sur le chemin de Londres à Birmingham, le transport des marchandises proprement dites était encore, au commencement de 1847, exclusivement fait par des entrepreneurs particuliers (*carriers on toll*) à leurs risques et périls, par leurs propres employés. Par conséquent le personnel du service des marchandises était préposé uniquement à l'expédition et réception des animaux, à la surveillance des opérations des entrepreneurs de roulage, à la distribution parmi eux des wagons de marchandises et à la formation et expédition des trains de cette espèce. Mais la compagnie s'organisant déjà depuis quelques mois pour l'expédition des marchandises par ses soins directs, le personnel de cette division figurera dans le prochain relevé du personnel général de l'exploitation pour un chiffre beaucoup plus élevé qu'aujourd'hui.

TABLEAU No 1. — Recto.

CHEMIN DE FE

STATION N.

État du *Traffic* durant

NUMÉROS des billets commençants.			STATIONS.	NUMÉROS des billets finissants.			NOMBRE de voyageurs durant la semaine.			
1re classe.	2e classe.	3e classe.		1re classe.	2e classe.	3e classe.	1re classe.	2e classe.	3e classe.	Totaux par station.
350	500	700	Paris.	400	850	500	120	150	200	500
200	300	300	A	250	400	450	60	100	150	290
900	550	350	B	500	500	700	100	50	150	300
»	»	»	N	»	»	»	»	»	»	»
700	1.000	1.500	Z	650	900	1.350	50	100	150	250
2.450	2.850	3.850		2.110	2.450	3.200	340	400	650	1.340

E PARIS A . . .

maine finissant le 14 avril 1847.

Sommes reçues par les voyageurs durant la semaine.			Recettes du 1er janvier au 7 avril.	Recettes du 1er janvier au 14 avril.
e classe.	3e classe.	Sommes totales par station.		
300	1.200	2.900	150.000	153.000
700	900	1.960	80.000	81.960
250	600	1.450	65.000	66.450
»	»	»	»	»
75	75	200	8.000	8.200
225	2.775	7.510	303.000	310.510

Sommes reçues pour voyageurs, par chaque train, pour la semaine finissant le 14 avril 1847.

Trains descendants.			Trains montants.		
Heures des trains.	Nombre de voyageurs.	Recettes.	Heures des trains.	Nombre de voyageurs.	Recettes.
Totaux.					

Résumé total du *Traffic* à grande vitesse pour la semaine finissant le 14 avril 1847.

	Semaine finissant le 14 avril 1847.	Du 1er janvier au 7 avril 1847.	Du 1er janvier au 14 avril 1847.
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Voyageurs.	7.510 »	303.000 »	310.510 »
Articles de messageries.	153 25	3.030 »	3.183 25
Bagages.	316 »	4.160 »	4.476 »
Chevaux	600 »	6.000 »	6.600 »
Voitures.	410 »	6.030 »	6.440 »
Chiens	45 »	300 »	345 »
Totaux.	9.034 25	322.520 »	331.554 25

TABLEAU N° 2. — VERSO DU PRÉCÉDENT.

CHEMIN DE FE

STATION M.

Articles messageries. — Bagages.

STATIONS.	ARTICLES MESSAGERIES reçus et expédiés.						BAGAGES.						Sem finiss 14 a
	Semaine finissant le 14 avril.		Du 1er janvier au 7 avril.		Du 1er janvier au 14 avril.		Semaine finissant le 14 avril.		Du 1er janvier au 7 avril.		Du 1er janvier au 14 avril.		
	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.
Paris. . . .	100	150, 5	1.500	3.000 »	1.600	3.150,75	1.000	300,50	16.000	4.000 »	17.000	4.300,50	[illegible]
A													
B													
N													
Z	3	25,0	20	30 »	23	32,50	25	15,50	200	160 »	225	175,50	»
Totaux. .	103	153,25	1.520	3.030 »	1.623	3.183,25	1.025	316 »	16.200	4.160 »	17.225	4.476 »	[illegible]

RÉSUMÉ GÉNÉRAL du *Trafic* par

DATES.	NOMBRE des voyageurs.	RECETTES POUR					
		Voyageurs.	Articles messageries.	Bagages.	Chevaux.	Voitures.	Ch
Avril 8	150	840 »	15 »	33 »	120 »	80 »	
— 9	100	725 »	30 25	20 »	240 »	120 »	[illegible]
— 10	300	1.500 »	50 »	80 »	» »	» »	
— 11	200	1.125 »	10 »	50 »	» »	» »	
— 12	150	900 »	» »	30 »	» »	50 »	[illegible]
— 13	280	1.340 »	15 50	45 50	» »	» »	
— 14	160	1.080 »	32 50	57 50	240 »	160 »	
	1.340	7.510 »	153, 25	316 »	600 »	410 »	[illegible]

SERVICE DE GRANDE VITESSE.

DE PARIS A . . . .

Chevaux. — Voitures. — Chiens.

CHEVAUX.				VOITURES.						CHIENS.					
1er janvier au 7 avril.		Du 1er janvier au 14 avril.		Semaine finissant le 14 avril.		Du 1er janvier au 7 avril.		Du 1er janvier au 14 avril.		Semaine finissant le 14 avril.		Du 1er janvier au 7 avril.		Du 1er janvier au 14 avril.	
	Produit.	Nombre.	Produit.	Nombre.	Produit.	Nombre.	Produit.	Nombre.	Produit.	Nombre.	Produit.	Nombre.	Produit.	Nombre.	Produit.
50	6.000 »	550	6.600 »	10	400 »	150	6.000 »	160	6.400 »	30	45 »	200	300 »	220	345
»	» »	»	» »	1	10 »	3	30 »	4	40 »	»	» »	»	» »	»	»
50	6.000 »	550	6.600 »	11	410 »	153	6.030 »	164	6.440 »	30	45 »	200	300 »	220	345

la semaine finissant le 14 avril 1847.

TOTAUX des recettes.	DÉBOURS POUR				RECETTES nettes.	SOMMES versées à la caisse.	SOMMES dues.
	Articles messageries.	Chevaux.	Voitures.	Chiens.			
1.088 »	100 »	» »	» »	» »	988 »	988 »	» »
1.157 75	» »	25 »	10 »	3 »	1.119 75	1.000 »	119 75
1.610 »	30 »	» »	» »	» »	1.580 »	1.560 »	20 »
1.185 »	» »	» »	» »	» »	1.185 »	1.100 »	85 »
1.002 50	» »	» »	» »	1 »	1.001 50	1.001 50	» »
1.401 »	» »	» »	» »	» »	1.401 »	1.401 »	» »
1.570 »	» »	30 »	» »	» »	1.540 »	1.540 »	» »
9.014, 25	130 »	55 »	10 »	4 »	8.815, 25	8.590, 50	224, 75

TABLEAU N° 2. — Recto.

CHEMIN I

ÉTAT GÉNÉRAL du *Trafic* de toute

NUMÉROS des billets commençants.			STATIONS.	NUMÉROS des billets finissants.			NOMBRE des voyageurs durant la semaine.			
1re classe.	2e classe.	3e classe.		1re classe.	2e classe.	3e classe.	1re classe.	2e classe.	3e classe.	Totau
			Paris.							
			A							
			B							
2.450	2.350	3.350	N	2.110	2.450	3.200	340	400	650	[illegible]
			Z							

N. B. Ces états dressés par le *Contrôle* sont collés chaque semaine à d préparées à cet effet dans un registre *ad hoc* et 26 de ces feuilles suffisent l'état semestriel du *Trafic général* de la ligne.

DE PARIS A .....

pour la semaine finissant le 14 avril 1847.

Sommes reçues pour les voyageurs durant la semaine.			Recettes du 1er janvier au 7 avril.	Recettes du 1er janvier au 14 avril.
2e classe.	3e classe.	Sommes totales par station.		
2.225	2.775	7.510	303.000	310.510

Sommes reçues pour voyageurs, par chaque train, pour la semaine finissant le 14 avril 1847.

Trains descendants.			Trains montants.		
Heures.	Voyageurs.	Recettes.	Heures.	Voyageurs.	Recettes.
Totaux.					

Résumé total
du *Traffic* (à grande et petite vitesse) pour la semaine finissant le 14 avril 1847.

	Semaine finissant le 14 avril 1847.	Du 1er janvier au 7 avril 1847.	Du 1er janvier au 14 avril 1847.
Voyageurs......			
Articles messageries.			
Bagages........			
Chevaux........			
Voitures.......			
Chiens.........			
Marchandises....			
Bétail.........			
Charbon........			

N. B. Les chiffres correspondant à ces sources de *Traffic* sont reçus chaque semaine du bureau central des marchandises.

TABLEAU N° 4. — Verso du Précédent.

CHEMIN DE

ÉTAT GÉNÉRAL du produit des petites messageries, b

STATIONS.	ARTICLES MESSAGERIES.						BAGAGES.					
	Semaine finissant le 14 avril.		Du 1er janvier au 7 avril.		Du 1er janvier au 14 avril.		Semaine finissant le 14 avril.		Du 1er janvier au 7 avril.		Du 1er janvier au 14 avril.	
	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.	Nombre des colis.	Produits.
Paris. . . .												
A												
B												
N	103	153 25	1.520	3.030 »	1.623	3.183,25	1.025	316 »	16.200	4.160 »	17.225	4.476 »
Z												
Totaux. .												

RÉSUMÉ GÉNÉRAL du *Trafic* de toute la ligne

DATES	NOMBRE de voyageurs.	RECETTES POUR				
		Voyageurs.	Articles messageries.	Bagages.	Chevaux.	Voitures.
Avril 8						
— 9						
— 10						
— 11						
— 12						
— 13						
— 14						
Totaux. .						

PARIS A . . . .

...ux, voitures, chiens, durant la semaine finissant le 14 avril 1847.

...UX.			VOITURES.						CHIENS.					
...avier ...il.	Du 1er janvier au 14 avril.		Semaine finissant le 14 avril.		Du 1er janvier au 7 avril.		Du 1er janvier au 14 avril.		Semaine finissant le 14 avril.		Du 1er janvier au 7 avril.		Du 1er janvier au 14 avril.	
Produits.	Nombre.	Produits.	Nombre	Produits.	Nombre.	Produits.	Nombre.	Produits.	Nombre.	Produits.	Nombre.	Produits.	Nombre.	Produits.
...00 »	550	6.600 »	11	410 »	153	6.080 »	164	6.440 »	30	45 »	200	300 »	230	245 »

...semaine finissant le 14 avril 1847 (*grande vitesse*).

...X ...es.	DÉBOURS POUR				RECETTES nettes.	SOMMES versées à la caisse.	SOMMES dues à la caisse.
	Articles messageries.	Chevaux.	Voitures.	Chiens.			

TABLEAU N° 5. — RECTO.

LONDON AND NOR

RAPPORT DES CONDUCTEURS.

HEURES D'ARRIVÉE PRESCRITES ET RÉELLES.

Les heures doivent être indiquées d'après le temps de **LONDRES.**

	Heures prescrites.		Heures réelles.		Arrivées avant le temps prescrit.		Arrivées après le temps prescrit.	
	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.
Parti de Euston.								
Arrivé à Camden.								
Willesden.								
Harrow								
Watford.								
King's Langley.								
Boxmoor.								
Berkhampstead.								
Tring.								
Leighton.								
Bletchley								
Wolverton.								
Roade.								
Blisworth								
Weedon.								
Crick.								
Rugby.								
Brandon.								
Coventry.								
Hampton								
Birmingham.								

Observations et f

Articles messageries : Les conducteurs doivent indiquer si tous les paquets et a

Bagages : Les conducteurs doivent indiquer ici si tout le bagage de leur train

N. B. Cette feuille de rapport est de la forme voulue pour les trains descendants. stations (Voir le *verso* au tableau suivant).

WESTERN RAILWAY. **TRAIN DESCENDANT.**

le 1847. TRAIN N°

MOUVEMENT DES VOITURES.

Nombre des voitures attachées.

	Malles.	1re classe.	Composites.	2e classe.	2e cl. ouv.	3e classe.	Écuries.	Fourgons.										
ttaché à Euston.		5		6		2												13
Id.																		
Id.																		
Id.																		
Total. .		8		8		2												13

Nombre des voitures détachées.

	Malles.	1re classe.	Composites.	2e classe.	2e cl. ouv.	3e classe.	Écuries.	Fourgons.										
étaché à Tring. .		2		3														5
Id. à Blisworth.		1		1														2
Id.																		
Id.																		
Total des voitures détachées.		3		4														7
Arrivées à la fin du voyage.		2		2		2												6

		Numéros des locomotives.
Locomotive de	*à*	
Id.	*à*	
Id.	*à*	
Id.	*à*	

saillants du voyage.

le messageries ont bien été délivrés à qui de droit.

été délivré et si aucun voyageur n'a fait de réclamations.

qui se rapporte aux trains montants est identique, sauf l'ordre inverse des noms des

TABLEAU N° 6. — VERSO DU PRÉCÉDENT.

NUMÉROS

	MALLES (mails).	1re CLASSE.	COMPOSITES.	2e CLASSE.	2es OUVERTES.	3e CL
Attaché à						

NUMÉROS

Détaché à						

(1) On indique dans chaque colonne les numéros des voitures dont le nombre est
numéros de ces cinq voitures devraient être inscrits à la colonne 1re CLASSE ci-dessus.

TURES ATTACHÉES (1).

RIES.	FOURGONS à bagages.	FOURGONS d'articles de messagerie.	WAGONS-FREINS.	VOITURES à métaux précieux.	BUREAUX de la poste.	FOURGON de la poste.	

TURES DÉTACHÉES.

qué sur le tableau n. 5 ; ainsi on a attaché à Euston 5 voitures de première classe : les
ême pour les voitures détachées.

TABLEAU N° 7.

TABLEAU indiquant la composition du *personnel* des stations entre l
tonnes de marchandises, bestiaux, moutons, etc.,

	PERSONNEL.				
	Employés.	Policemen.	Porters.	Conducteurs des trains de voyageurs.	Conducteurs des trains de marchandises.
Londres	»	65	180	50	»
Secrétariat	7				
Bureau des transferts	7				
Caissier	1				
Comptabilité	2				
Bureau de l'exploitation	3	»	»	»	»
Contrôle	19				
Économat	6				
Bureaux des marchandises	28	»	»	»	»
Bureau de l'ingénieur	1	»	»	»	»
Bureau des propriétés de la Comp^le^.	2				
Construction des wagons	2				
Réparation des voitures	1				
Distribution des billets	10	»	»	»	»
Bureau des articles de messageries	11				
Camden	»	»	»	»	39
Kensington	1	»	»	»	
Willesden	1	»	»	»	
Sudbury	1	»	»	»	
Harrow	2	11	5	»	
Pinner	1	»	»	»	
Bushey	1	»	»	»	
Watford	2	6	6	»	
Kingslangley	1		2	»	
Boxmoor	2	14	3	»	
Berkhampstead	1		2	»	
Tring	2		6	»	
Cheddington	1	11	»	»	
Aylesbury	1		4	1	
Leighton	1	7	6	»	
Bletchley	1	17	1	»	
Wolverton	14		12	»	
Roade	2	14	7	»	
Blisworth	2		»	»	
A reporter	137	145	234	51	39

…ningham, y compris les embranchements ainsi que les nombres de voyageurs, …chacune de ces stations, du 1[er] janvier au 30 juin 1846.

	TRAFFIC.					
	Voyageurs.	Tonnes de marchandises.	Bœufs.	Moutons.	Cochons.	Vaches.
…35 *policemen* font le service entre Londres …Camden-Town.	235.371					
…hef d'exploitation n'est pas compris dans ce …mbre.						
…bureaux sont à Camden-Town.						
…dessinateurs et l'ingénieur ne sont pas com…s dans ce nombre.						
…hiffre 10 comprend le chef de gare, qui est …si chef de service des billets, des *porters*, …la police de la gare et du service des articles …messageries. Il a deux bureaux : l'un dans le …reau des billets, l'autre dans celui des arti…s de messageries.						
. . . .	»	64.648	254	302	1.110	4…
. . . .	»	3.194				
. . . .	1.252					
. . . .	3.898					
. . . .	8.606	»	13	»	»	1…
. . . .	3.961					
. . . .	4.205	72				
. . . .	20.565	689	147	210	»	2…
. . . .	3.570	117				
. . . .	10.447	786	65	64	3	
. . . .	6.287	339	»	104		
. . . .	7.773	690	31	70		
. . . .	2.248					
. . . .	10.349	2.632	820	7.727	43	1.265
. . . .	13.080	2.627	2.515	6.332	397	1.305
. . . .	4.851					
…nombre 14 comprend les employés des bu…aux de l'atelier de machines de Wolverton.	15.931	2.313	1.239	7.254	1.215	88…
. . . .	2.460	532	300	3.731	538	11…
. . . .	7.567					
	362.421	78.639	5.384	25.794	3.306	2.745

Suite du Tableau du Personnel *entre Lo*

	PERSONNEL.				
	Employés.	Policemen.	Porters.	Conducteurs des trains de voyageurs.	Conducteurs des trains de marchandises.
Report.	137	145	234	51	39
Northampton.	3	11	12	»	»
Billing-road.	1	»	»	»	»
Castle-Ashby.	1	»	»	»	»
Wellingborough.	2	14	4	»	»
Ditchford.	1	»	»	»	»
Higham-Ferrars.	2	»	3	»	»
Ringstead.	1	12	»	»	»
Thrapston.	2	»	6	»	»
Thorpe.	1	»	»	»	»
Barnwell.	1	»	»	»	»
Oundle.	2	11	4	»	»
Wansford.	2	8	7	»	»
Overton.	1	»	»	»	»
Peterborough.	4	11	14	»	»
Weedon.	2	»	6	»	»
Crick.	1	13	2	»	»
Rugby.	7	»	24	»	»
Brandon.	1	14	2	»	»
Coventry.	5	17	19	»	»
Kenilworth.	1	»	2	»	»
Leamington.	5	8	10	2	1
Dockers-Gate.	1	»	»	»	»
Hampton.	2	2	»	»	»
Marston-Green.	1	»	»	»	»
Stechford.	1	»	»	»	»
Birmingham.	»	34	67	»	2
Bureau des billets (y compris le chef de gare).	8				
Bureau des articles de messageries.	5				
Bureau des marchandises.	4				
TOTAUX.	205	300	416	53	42

n, *et du* Traffic, *du* 1er *janvier au* 30 *juin* 1846.

	TRAFFIC.					
	Voyageurs.	Tonnes de marchandises.	Bœufs.	Moutons.	Cochons.	Vaches.
. . . .	362.421	78.639	5.834	25.794	3.306	2.745
. . . .	33.137	4.646	2.443	25.373	240	4
. . . .	1.492					
. . . .	2.802					
. . . .	12.353	2.301				
. . . .	651					
. . . .	6.889	1.129				
. . . .	1.143					
. . . .	8.033	1.868				
. . . .	1.459					
. . . .	1.098					
. . . .	8.400	1.772				
. . . .	11.374	2.103				
. . . .	670					
. . . .	18.018	3.897				
. . . .	12.305	1.604	497	2.001	178	10
. . . .	3.383	1.221	441	3.884	»	2
. . . .	81.192	18.043	4.243	5.079	»	105
. . . .	4.431	225	98	579	»	
. . . .	55.402	4.376	92	528	224	74
. . . .	12.074	49	1	56		
. . . .	43 246	893	51	346	113	2
. . . .	1.597					
. . . .	7.909	6.217	187	92	6	
. . . .	2.198					
. . . .	2.923					
. . . .	144.167	60.874	8.729	1.492	71.596	21
	844.767	189.857	22.166	65.224	75.663	2.963

CHAPITRE III.

SIGNAUX EMPLOYÉS SUR LES PRINCIPALES LIGNES ANGLAISES.

Sécurité de circulation. — Signaux.

La sécurité de circulation sur les chemins de f
doit être la première préoccupation des adminis
trations qui les dirigent : sous ce rapport, d
grands progrès ont été accomplis et tendent
s'accomplir tous les jours dans l'exploitation de c
voies de communication.

Il reste cependant encore beaucoup d'inconn
dans les causes des accidents, et l'on peut être au
torisé à dire que telle précaution, prise en vu
d'un accident passé, peut être inefficace, fatal
même, dans une autre circonstance; c'est ce qu
fait que beaucoup de personnes mettent en dout
l'utilité des lois actuelles de police, en tant qu
rigoureusement obligatoires, et prétendent mêm
qu'elles n'ont d'autre utilité que de couvrir la res
ponsabilité du gouvernement vis-à-vis du public
ainsi, par exemple, depuis le fatal accident du che
min de la rive gauche, il est enjoint aux compagnie
françaises de mettre autant de wagons de sûret
derrière les machines qu'il y a de machines attelée
à un train : assurément, c'est une bonne précaution
mais cependant elle peut, dans certains cas, êtr
complétement sans efficacité, et même il peut s
faire que la gravité d'un accident eût été diminuée
si on ne l'eût pas observée. Voici, par exemple
ce qui est arrivé à un train de malle parti de Hul
le 21 février dernier, au soir. Ce train était re
morqué par deux machines, et se composait d

Wagons de sûreté.

Circonstances d'un accident arrivé à un train de malle parti de Hull le 21 février 1847.

4 wagons de poissons frais placés derrière les machines, plus 10 voitures de voyageurs. A 3 milles de Hull, les faits suivants sont survenus : la première machine est restée sur la voie; la deuxième machine a déraillé; les 4 wagons à poisson sont restés sur la voie. 8 voitures de voyageurs ont été précipitées en dehors de la voie, et les deux dernières sont restées sur la voie. Plusieurs personnes ont été tuées ou blessées; le mécanicien de la machine qui a déraillé a eu si peu de mal qu'il a pu continuer son service.

Personne n'a été capable d'expliquer cet accident; mais on est autorisé à penser que si les 4 wagons à poisson qui agissaient, en quelque sorte comme wagons de sûreté, eussent été placés en arrière au lieu d'être placés en avant; en d'autres termes, si les voitures de voyageurs eussent été placées immédiatement après les machines, le nombre des personnes tuées ou blessées eût été moindre, puisque 4 de ces voitures au lieu de 2 seulement seraient fort probablement restées sur la voie.

Recommandations du board of trade.

Le *board of trade*, qui est chargé en Angleterre de la surveillance générale des chemins de fer, et qui l'exerce d'après des principes qui ne gênent point la liberté des compagnies, *recommande* l'usage des wagons de sûreté placés après les machines des trains de voyageurs. Mais cette recommandation n'est pas obligatoire, et il arrive qu'on ne s'y conforme pas toujours : par exemple, j'ai pu m'assurer personnellement que les *express-trains* de Liverpool à Manchester, qui ne sont composés que de voitures de première classe et toujours remplies jusqu'à la dernière place, n'ont pas de wagons de sûreté placés entre la

Express-trains sans wagons de sûreté entre le tender et la première voiture de voyageurs.

machine et la première voiture, et le public lui-même, qui, dans cette portion de l'Angleterre, est le plus habitué aux chemins de fer, puisque c'est de Liverpool à Manchester que les machines locomotives ont commencé pour la première fois à servir de moteur, le public, dis-je, est si peu convaincu de la nécessité du wagon de sûreté, que la première voiture de l'*express-train* est, à ma connaissance, tout aussi pleine et occupée par d'aussi *respectables* voyageurs que celles qui viennent ensuite. Je ne veux pas dire qu'on la recherche ni même qu'on ne préfère une voiture du milieu du train; mais on n'évite pas la première voiture, et l'on s'y place presque aussi volontiers que dans les suivantes.

Signaux.

Signaux.

Du choix des signaux et du personnel qui est chargé de les transmettre, dépend, en très-grande partie, une exploitation exempte d'accidents, la faculté d'expédier des trains à de courts intervalles, et par conséquent le moyen de tirer d'un chemin de fer le plus grand parti possible. En général, sur les chemins anglais on adopte les trois couleurs : 1° *blanche*, 2° *verte*, 3° *rouge*, pour indiquer, 1° que la voie est libre; 2° qu'il faut y avancer avec précaution et par conséquent ralentir; 3° qu'il faut arrêter aussitôt que possible.

Couleurs adoptées pour les signaux.

Il y a, comme on voit, distinction complète entre les couleurs par lesquelles on se propose de transmettre des signaux différents; c'est qu'en effet il y a possibilité de confusion de la part du mécanicien lorsque la même couleur sert à lui indiquer, par exemple, tantôt le ralentissement,

tantôt l'arrêt, et des collisions peuvent en être la conséquence.

On peut distinguer les signaux en *signaux fixes* et *signaux mobiles*.

Division des signaux en fixes et mobiles.

Les signaux fixes sont placés aux stations, un pour chaque voie, à 100 ou 200 mètres en avant du point de stationnement des trains. On en place aussi aux points d'embranchement et dans les sommets des courbes lorsqu'elles conduisent à des stations rapprochées, ou que, par les conditions locales, elles empêchent le mécanicien de voir à une distance convenable en avant.

L'objet des signaux fixes doit être d'attirer l'attention des mécaniciens à la plus grande distance possible, 4 à 500 mètres au moins, afin de leur donner assez de temps pour amortir leur vitesse et pouvoir s'arrêter sans dépasser le poteau du signal. Durant le jour, c'est autant et même plus par la forme et la position, que par la couleur, que cette attention doit être excitée; car, à une grande distance, il est difficile de juger de la couleur d'un signal peint; aussi, sur plusieurs lignes importantes, telles que les *Midland*, *Eastern-Counties*, *South-Eastern*, etc., *railways*, on a adopté un nouveau signal dont le principe consiste à donner des *indications télégraphiques* faisant connaître, d'après des conventions établies, les diverses circonstances de la voie.

Signaux fixes donnant des indications télégraphiques.

Ce signal fixe est représenté par les *fig.* 6 à 9, *Pl. X*. Les indications sont données par deux bras, l'un destiné à l'une des voies, l'autre à l'autre. Le mécanicien doit regarder le bras situé à gauche comme celui qui lui indique le signal convenable. Lorsque le bras est caché dans la gaîne du poteau de manière à n'être pas vu du tout, la voie est libre. Lorsque le bras fait avec la verticale un angle de 45°, le mécanicien doit ralentir. Lorsque le bras fait avec la verticale un angle de 90°,

Signal fixe en usage sur le Midland, etc. railway.

le mécanicien doit s'arrêter sans dépasser le poteau. La nuit, les trois signaux correspondant à ceux qui viennent d'être expliqués sont faits par les lumières rouge, verte et blanche.

(*N. B.* On n'a pas indiqué ici une échelle à poste fixe et en fer qui existe jusqu'à la hauteur des lampes pour pouvoir les nettoyer, les garnir et les allumer.)

Signaux fixes du London and Birmingham railway.

Les *fig.* 2 à 4, *Pl. X*, sont les positions diverses, vues parallèlement à la voie, que l'on fait prendre, suivant les cas, aux signaux fixes placés aux stations principales et aux diverses stations intermédiaires sur le *London and Birmingham railway*: E est un écran qui, dans les positions *fig.* 3 et 4, sert à cacher la lumière rouge ou la lumière verte aux trains arrivant du côté opposé à celui pour lequel est fait le signal. Chaque disque est manœuvré par une poignée *m*, *n*, brisée en charnière en *f*. Ces signaux fixes sont très-élevés, leur hauteur varie cependant passablement. En général le disque rouge est élevé de 30 pieds et le disque vert, y compris la lampe qui le surmonte pour les signaux de nuit, de 18 à 20 pieds. Ces signaux coûtent de 30 a 32 livres ou 750 à 800 francs.

(On n'a pas indiqué ici une échelle à poste fixe et en fer qui existe jusqu'à la hauteur des lampes pour pouvoir les nettoyer, les garnir et les allumer.)

Signal fixe du chemin de fer de York à Newcastle.

La *fig.* 10, *Pl. X*, représente le signal fixe employé sur le chemin de fer de York à Newcastle.

La manière dont le disque de ce signal est tourné contre la voie ou parallèlement à la voie est des plus simples. Deux trous, x et y, à angle droit l'un par rapport à l'autre, sont pratiqués dans le mât qui porte le disque rouge et la lanterne. Lorsqu'on veut tourner le disque contre la voie, on retire le levier p du trou y pour placer son extrémité dans le trou x. On imprime un mouvement de rotation jusqu'à ce que le trou x soit en face de son correspondant x' du poteau, auquel cas on enfonce le levier jusqu'à ce qu'il pénètre dans le poteau et maintienne le mât dans cette position.

Signaux fixes du Great-Western railway.

Les *fig.* 11 à 14, *Pl. X*, représentent le signal adopté sur le *Great-Western railway*.

Le disque rond (*fig.* 11), vu perpendiculairement à la voie, signifie que la voie est libre. Lorsqu'au contraire on veut arrêter un train, on tourne le mât de manière à lui faire prendre la position indiquée *fig.* 12; alors le disque rond est effacé et une planche rouge se montre perpendiculairement à la voie. Le mât indiqué par les *fig.* 11 et 12 a de 15 à 16 mètres de haut, les deux signaux qu'il porte se voient de très-loin. Le signal de ralentissement (*fig.* 13) est indiqué par une grande girouette de bois peint en vert, portée sur un mât d'environ moitié hauteur

du précédent. Ce signal est situé du même côté que le grand mât et porte, la nuit, une lanterne à trois couleurs : blanche, verte et rouge, pour les signaux de nuit. Le signal d'arrêt est fait par la lumière rouge ; le signal de ralentissement par la lumière verte, et le signal d'avancer par la lumière blanche. Durant le jour, le signal d'arrêt est fait, non-seulement par la planche rouge transversale du grand mât, mais encore par le côté rouge de la girouette (*fig.* 14) opposé à celui dont il a été parlé tout à l'heure ; la couleur et la disposition de la girouette, en d'autres termes la manière dont la pointe P est tournée vers la voie, indiquent aux mécaniciens si elle est tournée pour l'arrêt ou pour le ralentissement ; dans ce dernier cas la pointe P est dirigée vers la gauche du train ; dans le cas contraire, la pointe est dirigée du côté des rails ou vers la droite du train.

Durant la nuit, c'est par des lumières de différentes couleurs que l'on fait agir les signaux fixes, et en se servant des divers moyens connus pour la concentration des rayons lumineux, on peut les transmettre à une grande distance, et rendre ces signaux très-efficaces.

Il est important, durant le jour surtout, que les signaux soient placés à bonne hauteur, de telle sorte qu'ils soient distinctement détachés des objets qui les environnent, et puissent frapper l'attention des mécaniciens d'aussi loin que possible.

Élévation des signaux fixes.

L'effet de cette élévation ne peut être qu'avantageux et n'a aucun inconvénient. En effet, supposons, par exemple, un signal élevé de 15 mètres ; à une distance de 450 mètres, ce poteau sera vu par le mécanicien sous un angle de 3° 50′, c'est-à-dire sous un angle tel que le mécanicien ne pourra s'empêcher de voir le signal s'il regarde devant lui ; et il le verra tout aussi distinctement, je dirai même plus distinctement, qu'un signal qui n'aurait que la moitié ou le tiers de cette hauteur. A une distance de 400 mètres, le même signal sera

vu sous un angle de 4° 18′. A une distance de 300 mètres, le signal sera vu par le mécanicien sous un angle de 5°,44′; et c'est seulement lorsque le mécanicien passera près du poteau qu'il distinguera mieux son disque, s'il est très-bas, que s'il est élevé. Mais ce n'est pas au moment où il passe près du poteau que le mécanicien doit pouvoir en lire l'indication, c'est lorsqu'il en est à une distance de 4 à 500 mètres; et c'est bien plutôt, je le répète encore, par la position du disque que par sa couleur (aussi difficile à distinguer de loin sur un disque bas que sur un disque élevé) que le mécanicien se guide.

Lorsque, par le tracé de la voie, les signaux ne peuvent être rendus visibles qu'à une faible distance, alors on en dispose deux ou trois à la suite l'un de l'autre pour produire l'effet qu'un seul produirait en ligne droite et à découvert, c'est-à-dire, pour permettre au mécanicien d'amortir à temps sa vitesse avant d'arriver à un point de la ligne sujet à encombrement, et on les abaisse en raison de la faible distance à partir de laquelle ils peuvent commencer à être aperçus par le mécanicien.

Je reviendrai plus loin sur l'usage de ces signaux fixes.

Signaux fixes manœuvrés à distance.

Lorsque les stations sont placées dans l'intérieur ou à l'extrémité de courbes, ou sont cachées par des ponts traversant la voie ou à l'entrée ou à la sortie d'un tunnel, ou en un mot situées de telle sorte que les signaux fixes, disposés de chaque côté de ces stations, ne soient pas visibles à une distance suffisante pour donner aux mécaniciens des trains montants ou descendants les indications convenables, suivant les circonstances, il vaut mieux, au lieu d'employer deux ou trois signaux

placés de distance en distance, comme je viens de le dire, adopter un moyen qui permette au chef de la station de pouvoir lui-même, sans intermédiaires et sans se déplacer, signaler, à 4 ou 500 mètres, si la station est libre ou encombrée, si un train arrivant sur la voie de droite ou sur la voie de gauche doit s'arrêter avant d'arriver à la station. C'est ce qui se fait très-bien par ce que l'on appelle en Angleterre *auxiliary signals*; depuis peu de temps, leur usage se propage sur une grande échelle.

Signal manœuvré à distance et en courbe sur la ligne de Londres à Birmingham.

Les *fig.* 1 et 2, *Pl. XI*, représentent le signal manœuvré à distance et en courbe (*auxiliary signal*), situé dans un déblai, à la sortie du tunnel de Leigthon, sur le chemin de fer de Londres à Birmingham.

Le but du mécanisme est de manœuvrer à 600 yards, environ 550 mètres, de distance et en courbe, le secteur établi sur le grand poteau. Le nombre des petits poteaux B, C, D, E, etc., est de 75 environ. Le trait plein correspond au cas où la voie est libre et où le secteur est caché dans sa gaîne qui est peinte en blanc extérieurement. Le trait pointillé correspond au cas où l'on veut indiquer aux trains que le disque rouge (ou la lumière rouge) du signal fixe situé près de la station est tourné contre eux. La barre d'attache *abc* sert à compenser les effets de chaleur ou de froid. Le fil de cuivre qui transmet les effets du levier *l* a 4 millimètres de diamètre. Lorsque le contre-poids P tombe, il fait remonter la tige *ny*, qui entraîne avec elle le secteur dans la gaîne GGG'G', où il se trouve caché. Dans le cas contraire, le secteur tombe le long des guides *gg*, sur un morceau de bois *gb* (pour en amortir la chute). Le secteur est encore protégé dans sa chute par une petite armature en plomb indiquée par les lettres *pp*. Le secteur et sa gaîne sont en tôle d'environ 3 millimètres d'épaisseur. Dans la vue *fig.* 2, on a supprimé une portion des guides *gg*, afin de laisser voir plus distinctement comment la lampe tourne d'une demi-révolution à chaque mouvement du secteur. Cette lampe ne montre que la lumière verte. Lorsque le secteur est dans sa gaîne, la lumière est invisible. Lorsqu'il est tombé, la lumière verte est tournée contre les trains arrivants et leur indique, pendant la nuit, qu'ils doivent maîtriser leur vitesse parce que le signal rouge fixe de la station, qu'ils ne distinguent pas encore, est tourné contre eux, et par conséquent leur commande l'arrêt.

Signal manœuvré à distance et en courbe sur le chemin de Manchester à Leeds.

Les *fig.* 3 et 4, *Pl. XI*, représentent le signal manœuvré à distance et en courbe à la station de *Miles-Platting*, à la jonction du chemin de fer de Manchester à Leeds avec celui d'Ashton, près Manchester.

Le trait plein du levier et du contre-poids correspond au cas où la voie est libre et où le disque est tourné parallèlement à la voie. Le trait pointillé correspond au cas où les disques sont tournés perpendiculairement à la voie et où l'on veut arrêter tout train arrivant sur Manchester.

Multiplicité des signaux manœuvrés à distance sur le chemin de Manchester à Leeds.

J'ajouterai que sur le railway de Manchester à Leeds, construit, comme on le sait, à travers un pays très-accidenté, et qui a nécessité l'adoption de courbes et de tunnels nombreux; sur ce railway, qui compte 30 stations sur une longueur de 82 kilomètres (entre Manchester et Normanton, où il vient se souder au Midland), on a disposé tout récemment deux de ces nouveaux signaux à chacune des principales stations, et l'on continue d'en fixer de nouveaux successivement aux stations dont la position rend cette précaution désirable pour la sécurité des trains. Ce signal fixe du *Manchester and Leeds railway* m'a paru le plus simple de tous ceux que j'ai vus sur le *London and Birmingham*, sur le *Midland*, le *York and North-Midland*, etc. C'est ce dont on peut juger, par exemple, en le comparant avec celui avec lequel je l'ai mis en regard.

Signaux mobiles.

Outre les signaux fixes, il faut avoir à sa disposition des signaux mobiles qui donnent aux employés chargés de la surveillance ou de la réparation de la voie le moyen de transmettre aux trains les indications que comporte la condition de la ligne. Les signaux mobiles adoptés jusqu'ici sont les drapeaux et les lanternes pouvant montrer aux trains diverses couleurs. En Angleterre, les couleurs adoptées pour les signaux mobiles sont les mêmes que pour les signaux fixes, à savoir :

Drapeaux et lanternes.

Le *blanc* indiquant que la voie est libre (*all's right*).

Le *vert* indiquant la nécessité de ralentissement (*caution*).

Le *rouge* indiquant l'arrêt (*stop*).

Le chemin de Londres à Birmingham ayant une réputation méritée de prudence due à de grandes précautions prises pour la sécurité des voyageurs, je donnerai ici un résumé des conventions adoptées sur cette ligne pour les signaux mobiles et fixes (voir, *fig.* 2 à 4, *Pl. X*, les signaux fixes adoptés entre Londres et Birmingham), et des règles suivies pour les distances à maintenir entre les trains. — **Signaux du chemin de Londres à Birmingham**

Le minimum d'intervalle entre deux trains successifs de voyageurs de la station de départ est de 10 minutes; mais en route, on se contente de maintenir un intervalle de 5 minutes, sauf à faire, durant ces 5 minutes, un signal indiquant aux trains qui viendraient à passer, qu'ils sont précédés de moins de 10 minutes par un autre train. — **Intervalle entre les trains de voyageurs.**

La *fig.* 5, *Pl. X*, représente le signal projeté sur le *London and Birmingham railway*, pour pouvoir indiquer aux mécaniciens, la nuit comme le jour, de quelle espèce de trains ils sont précédés. — **Signal projeté sur le London and Birmingham railway pour pouvoir indiquer aux mécaniciens, la nuit comme le jour, de quelle espèce de trains ils sont précédés.**

Ce signal se compose de cadres longs maintenant chacun une toile blanche fortement tendue. Sur chaque toile est écrit le nom d'une espèce de train. Il y a autant de cadres que d'espèces de trains. Ils peuvent tous se relever dans une gaine commune et être abaissés à la main par un *policeman* aposté à cet effet. Une lumière, placée en arrière, durant la nuit, permet de lire très-distinctement l'indication du signal.

On laisse un intervalle d'au moins 20 minutes entre un train de marchandises et un train de voyageurs. Cela n'a pas d'inconvénients sur une ligne où les gares d'évitement sont nombreuses, et — **Intervalle entre un train de marchandises et un train de voyageurs.**

où l'on en pose tous les jours de nouvelles comme entre Londres et Birmingham.

Chaque chef de station a ordre de retenir les trains de marchandises dans les gares d'évitement toutes les fois qu'il n'est pas convaincu, après en avoir conféré avec le conducteur et le mécanicien, que le train sera arrivé à la station suivante un bon quart d'heure au moins avant le train de voyageurs qui vient après. Chaque conducteur et chaque mécanicien ont d'ailleurs une feuille imprimée (*time-table*) leur indiquant à quelles heures leur train doit successivement passer à chaque station.

Ils doivent aussi être parfaitement au courant des heures de passage à chaque station des trains de voyageurs, de sorte que, s'ils sont en retard, ils savent exactement de combien ils précèdent le train de voyageurs qui va suivre, et peuvent se garer pour le laisser passer.

L'exhibition des signaux sur la ligne est faite par les policemen.

Signaux de jour.

L'exhibition des signaux sur la ligne est, comme je l'ai dit ailleurs, confiée aux *policemen* ou gardes-lignes. Durant le jour, ils ont en main deux drapeaux, l'un *rouge*, l'autre *vert*, qu'ils tiennent roulés dans l'intervalle des passages des trains.

Signal indiquant que la voie est libre.

Lorsque la voie est libre, que rien ne s'oppose à la marche d'une machine ou d'un train qui s'avance, le *policeman* se range à la droite du mécanicien, en dehors des voies. Alors il pose son drapeau *vert* contre son épaule gauche, dans la position du port d'armes.

Deux espèces de signaux de ralentissement.

Lorsqu'un train vient à passer moins de 5 minutes après un autre, le *policeman*, s'alignant dans le sens de la voie, présente son drapeau *vert*

en *élevant* le bras d'environ 45° au-dessus de la ligne horizontale.

Lorsque la condition de la voie exige que l'on y avance avec précaution, le *policeman* présente aussi son drapeau *vert*, mais alors il le tient *abaissé* d'environ 45 degrés au-dessous de la ligne horizontale.

Si, pour une cause quelconque, il est nécessaire d'arrêter un train, le *policeman* se place alors perpendiculairement à la voie, de manière à voir en face le mécanicien du train arrivant et dans cette position, il agite violemment son drapeau *en avant et en arrière;* le mécanicien doit alors comprendre qu'il a à s'arrêter *sans dépasser le signal rouge.* Signal d'arrêt.

Durant la nuit la vue de la lumière *blanche* indique aux trains qu'ils peuvent passer. La lumière *verte* indique qu'il faut avancer avec précaution, soit parce qu'un train vient de passer depuis moins de 5 minutes, soit parce que l'état de la voie l'exige; et toutes les fois que le *policeman* voudra arrêter un train ou une machine seule, il devra présenter la lumière *rouge* en l'agitant *en avant et en arrière.* Signaux de nuit.

D'ailleurs les mécaniciens et les conducteurs de trains doivent savoir que tout objet agité violemment devant eux, soit le jour, soit la nuit, leur commande l'*arrêt.*

Lorsque, par une cause quelconque, un train se trouve arrêté sur la voie, on recommande toujours d'envoyer en arrière à 4 ou 500 mètres un des conducteurs du train pour faire, soit au moyen du drapeau *rouge*, soit au moyen de la lanterne à verre *rouge*, le *signal d'arrêt* à tout train qui viendrait à rejoindre le train en retard. Signaux détonnants (*fog-signals*).

Dans les temps de brouillard, ces signaux ne peuvent être aperçus par les mécaniciens et par conséquent ils sont inefficaces.

On a donc cherché le moyen de signaler le danger, non plus *à la vue*, mais *à l'oreille*.

Les signaux détonnants sont adoptés depuis trois ans sur le chemin de fer de Londres à Birmingham.

Depuis trois ans, ce nouveau signal a été adopté sur la ligne entre Londres et Birmingham, et il est maintenant adopté sur la plupart des autres lignes.

Il consiste en une petite boîte de fer-blanc ronde et plate ayant 5 à 6 centimètres de diamètre et 1 centimètre de hauteur, remplie d'une matière détonnante.

On fixe cette boîte sur le rail au moyen de deux petits morceaux de plomb coupés en lanière et soudés à la boîte (voir *fig.* 1, *Pl. X*). Une douzaine de ces signaux coûte à Londres 7 schl. ou 8 fr. 80 c.; soit 73 centimes par chaque signal.

Protection des trains par l'usage des signaux détonnants.

Lorsque la roue de la machine passe sur ce pétard, elle l'écrase en le faisant éclater avec un bruit qui ne peut manquer d'être entendu du mécanicien. Celui-ci doit alors arrêter aussitôt que possible et le conducteur chef du train, ainsi averti, doit immédiatement envoyer en arrière un conducteur pour opérer comme a fait le conducteur chef du train précédent, c'est-à-dire placer à 4 ou 500 mètres ou bien de 100 mètres en 100 mètres jusqu'à 500 mètres des *signaux-pétards* afin de protéger son train, puis il fait avancer lentement la machine remorquant son train jusqu'au lieu nécessairement rapproché où se trouve le train en retard arrêté par suite d'accident ou autrement.

Lorsqu'en outre du brouillard il tombe de la neige, on emploie des pétards en forme de calotte sphérique reposant par le plat sur le rail et que l'on fixe comme les précédents : cette forme permet aux pétards de rester sur le rail malgré l'action des balais attachés alors au chasse-pierre de la machine pour enlever la neige tombée sur les rails (1).

Brouillard et temps de neige.

Les *pétards* appelés *fog-signals* ou signaux pour les temps de brouillard servent aussi dans d'autres circonstances indépendamment de la nature du temps qu'il fait. Il peut arriver, en effet, dans une grande exploitation où des trains nombreux parcourent la ligne dans chaque sens, que dans les temps clairs, comme dans les temps de brouillard, des trains, surtout ceux de marchandises, éprouvent des retards dus, par exemple, à ce que, dans les fortes pentes, les machines ayant de la difficulté à remorquer un train trop chargé ralentissent leur marche de manière à ce que le temps arrive où d'autres trains peuvent venir atteindre le train en retard. Dans ce cas, il faut que le conducteur chef place ou fasse placer sur les rails des pétards pendant la marche lente de son train et prévienne le premier garde-ligne

Les signaux détonnants servent dans d'autres circonstances que les temps de brouillard.

---

(1) Ces pétards coûtent à Londres 9 sh. la douzaine, ou 11 fr. 34 c., soit 95 c. par chaque signal. Il est probable qu'on pourrait fabriquer, en France, les signaux détonnants de diverses formes dont il vient d'être parlé, à un prix beaucoup moindre que ce qu'ils coûtent en Angleterre, en se servant, par exemple, de poudre-coton, et ayant soin d'enduire la petite boîte de fer-blanc d'un vernis hydrofuge parfait. Leur inventeur est un jeune homme du nom de Cowper; on les connaît donc en Angleterre sous le nom de *Cowper's fog-signals*.

qu'il rencontre de ce qui a été fait, pour que celui-ci puisse indiquer au train suivant (qui par suite de la détonnation des pétards posés précédemment, avancera lentement lui-même) le motif qui a fait placer les pétards sur les rails.

Si un train a été momentanément arrêté dans un temps clair, soit le jour soit la nuit, et que l'on ait envoyé un conducteur en arrière pour faire le signal d'arrêt à tout train arrivant, faute de garde-ligne présent sur les lieux pour s'acquitter de ce devoir; comme il faut que le conducteur puisse rejoindre son train lorsque la cause qui le tenait arrêté a cessé et que, d'un autre côté, un autre train pourrait arriver pendant que ce conducteur se dirige vers le sien, il est indispensable qu'avant de quitter son poste cet employé fixe deux ou trois pétards sur les rails afin d'avertir du danger tout train suivant (1). L'explosion que ce dernier entendra le fera arrêter et l'avertira qu'une cause de danger existe ou a existé. Il avancera donc lentement (après avoir eu le soin de se protéger lui-même) jusqu'à ce qu'il rencontre un garde-ligne dont il apprendra qu'un train vient de passer et que, par conséquent, il peut avancer lui-même: il y aura donc eu quelques retards mais point d'accident. La meilleure règle à suivre en tous temps pour les conducteurs envoyés en arrière dans le but de protéger leurs trains est de leur recommander de placer, sinon des signaux de

Règle à suivre pour les conducteurs envoyés en arrière pour protéger leurs trains.

(1) Il vaut mieux fixer deux ou trois pétards qu'un seul, non pas que le bruit de l'explosion d'un pétard ne suffise à appeler l'attention du mécanicien, mais parce qu'il faut toujours craindre que l'humidité n'ait pénétré dans le pétard unique que l'on pose. C'est très-peu probable cependant si le pétard a été bien fabriqué.

100 mètres en 100 mètres jusqu'à 4 à 500 mètres, au moins deux ou trois à cette dernière distance, puis de revenir vers leur train de manière à en être suffisamment près pour pouvoir être rappelés. Dans cette position, ils doivent avoir avec eux un signal ou lumière *rouge* pour pouvoir être remarqués du train suivant qui aurait été arrêté par l'explosion; et en expliquer le motif au mécanicien.

Lorsqu'une machine avance seule sur la voie, le mécanicien envoie son chauffeur en arrière pour prendre les précautions qui ont été indiquées plus haut. Le mécanicien et les conducteurs doivent toujours avoir sur eux au moins six *fog-signals*. **Cas d'une machine seule.**

Les garde-lignes (*policemen*) doivent également être munis de ces pétards pour faire les signaux d'arrêt en temps de brouillard, attendu que la lumière de leur signal *rouge* pourrait ne pas être vue d'assez loin par le mécanicien. **Les policemen sont munis de pétards.**

Lorsque par suite d'un accident, la voie est obstruée dans les deux sens, le conducteur-chef, ou, en son absence, le mécanicien ou tout autre employé présent doit envoyer, soit le chauffeur, soit même tout homme de bonne volonté dans un sens et aller lui-même assurer la sécurité dans l'autre sens, puis se diriger sur le côté opposé pour vérifier si la précaution recommandée a été bien prise. **Cas où, par suite d'accident la voie est obstruée dans les deux sens.**

Jusqu'ici, je n'ai rien dit de l'usage du *drapeau blanc* qui est adopté sur le *London and Birmingham railway*, j'ajouterai à ce sujet quelques mots. **Usage du drapeau blanc comme signal.**

Les conducteurs de trains et les chefs de station des points de départ de ces trains font seuls usage de ce signal. Lorsque l'heure de départ d'un train

est arrivée, le chef, ou sous-chef de station de service se place sur le quai de départ en tête du train et tout près du mécanicien. Il déploie son petit drapeau blanc et l'agite; le conducteur-chef qui se trouve en arrière doit répondre à ce signal par un mouvement semblable de son drapeau qui indique alors que toutes les feuilles de route, lettres et paquets sont reçus et que rien, en ce qui le concerne, ne s'oppose au départ. Cela évite des cris, du bruit, de la confusion. Le chef de station s'étant ainsi assuré qu'il peut donner l'ordre du départ, le donne, soit verbalement, soit par un coup de drapeau dont le mécanicien connaît la signification. En route, le drapeau blanc sert aussi au conducteur-chef à indiquer, sans se déplacer de son wagon, au mécanicien qui aurait arrêté sa machine pour une cause quelconque indiquée par le conducteur, que cette cause n'existe plus et que le train peut avancer.

La lampe à verre blanc des conducteurs leur sert la nuit aux mêmes usages que le drapeau blanc.

J'ai déjà parlé des signaux fixes, mais je me suis borné jusqu'ici à indiquer le principe de leur disposition. Il est indispensable de compléter ce qui est relatif à ces auxiliaires importants d'exploitation de chemin de fer par l'indication des limites dans lesquelles on en fait usage.

Limites d'exhibition des signaux fixes.

Quelle que soit la construction adoptée, ces limites sont à peu près les mêmes sur toutes les lignes, et comme suit :

Toutes les fois qu'un train s'arrête à une station, le signal d'arrêt est fait en arrière de la voie de stationnement durant tout le temps de l'arrêt et

encore durant cinq minutes après le départ du train. Ces cinq minutes étant écoulées, on fait le signal de ralentissement pendant cinq autres minutes, de sorte que tout train arrivant dans les dix minutes qui suivent le départ d'un train précédent, serait averti et saurait s'il est devancé de moins ou de plus de cinq minutes.

Manœuvres des signaux fixes placés à l'entrée des tunnels.

Quand un train passe une station sans s'arrêter et que ce n'est pas un train rapide (*express-train*), le signal d'arrêt est tourné en arrière après le passage de ce train et reste ainsi placé durant cinq minutes, après quoi le signal de ralentissement est fait pendant cinq autres minutes.

Si c'est l'*express-train* qui passe ou une machine seule, on ne fait point le signal d'arrêt, on se contente de faire le signal de ralentissement pendant cinq minutes.

Télégraphes électriques projetés pour la sûreté des trains lorsqu'ils traversent des tunnels.

Quant aux signaux placés en avant d'un tunnel, on les tourne aussitôt après l'entrée d'un train dans le tunnel et on les laisse tournés, indiquant l'arrêt, un temps double de celui qui est nécessaire au train pour franchir la longueur du tunnel; à moins que le *policeman* ne puisse voir au travers que le train est sorti, auquel cas il fait le signal de ralentissement pendant un temps complétant dix minutes depuis l'entrée du train dans le tunnel.

Sur le *London and Birmingham railway*, on songe à disposer des télégraphes électriques entre les extrémités des longs tunnels. Par le moyen de ces télégraphes, les *policemen* placés à chacune des extrémités pourront se communiquer l'entrée et la sortie des trains.

Ainsi, lorsqu'un train entrera dans un tunnel, le *policeman*, après avoir tourné le disque d'arrêt

contre tout train suivant, transmettra au *policeman* de l'autre extrémité le signal *train in* (*train entré*), et il gardera son signal d'arrêt tourné en arrière contre tout train suivant, jusqu'à ce qu'il ait reçu, par le télégraphe électrique, de la part du *policeman* de l'autre extrémité le signal *train out* (*train dehors*); auquel cas il effacera son signal d'arrêt et fera le signal de ralentissement, s'il y a moins de dix minutes que le train précédent est passé, et jusqu'à ce que les dix minutes de précaution soient écoulées.

Télégraphe électrique.

Le télégraphe électrique est d'un puissant secours pour l'exploitation générale d'un chemin de fer.

Il est impossible de traiter la question des signaux de chemin de fer sans dire au moins quelques mots du télégraphe électrique comme auxiliaire général d'exploitation.

Son emploi n'exclut point les moyens de précaution qui viennent d'être détaillés; mais, sur une grande ligne principalement, il est du plus grand secours pour faciliter l'exploitation, et il peut, dans une limite très-étendue, prévenir les accidents. La facilité que l'on a de connaître les causes de retard des trains fait que l'on économise l'envoi des machines de secours qui, le plus souvent, sont expédiées inutilement. En cas d'accident, on en sait immédiatement le lieu et l'étendue, et l'on peut y remédier avec efficacité et rapidité.

On peut aussi arrêter les départs successifs des trains réguliers qui, à défaut des indications rapides du télégraphe électrique, iraient encore encombrer les voies, causer peut-être de nouveaux accidents et empêcher l'action énergique des secours.

Adoption, sur une grande échelle, du télégraphe électrique sur les lignes administrées par M. Hudson.

M. Hudson, qui est, comme on sait, l'administrateur le plus influent des lignes anglaises depuis Berwick jusqu'à Rugley, en y comprenant l'espace de Leeds à York, et qui dirige aussi la plupart des lignes de l'est, en tout, plus de 1600 kilomètres de chemin de fer, M. Hudson a adopté sur toutes ces lignes l'usage du télégraphe électrique. « Mon intention, » me dit-il, lorsqu'il voulut bien me donner divers renseignements que je lui demandais, notamment sur le télégraphe électrique, « mon intention a été que l'on pût » suivre les trains dans tout leur trajet et enlever » par là à tous mes employés responsables l'in- » quiétude pénible causée par l'incertitude de la » cause des retards, inquiétude qui paralyse les » facultés des hommes les plus capables et leur » fait perdre un temps précieux; j'ai voulu des se- » cours prompts et rapides et des moyens de ren- » seignements, en cas de retards, soit aux parents » ou amis des voyageurs, soit aux marchands qui » attendent des expéditions pressées; enfin, j'ai » voulu éviter les accidents par les meilleurs moyens » possibles, au premier rang desquels est, à mon » avis, le télégraphe électrique. »

Utilité du télégraphe électrique pour les *express-trains*.

C'est surtout dans le cas des *express-trains* que l'usage du télégraphe électrique est précieux. Malgré tous les soins que l'on prend pour visiter et mettre en bon état les voitures et les machines de ces trains, leur grande vitesse laisse toujours des inquiétudes aux chefs d'exploitation, et c'est les soulager d'une perplexité d'esprit invincible que de leur fournir les moyens de suivre ces trains, station par station, et de connaître tous les détails de leur marche. C'est aussi leur donner une grande satisfaction que de leur mettre entre les mains un

instrument qui leur permette, en cas d'accident, d'envoyer des secours immédiats des points les plus rapprochés de l'accident et de surveiller, en quelque sorte à distance, l'administration et l'efficacité de ces secours (1).

Trains spéciaux.

Trains spéciaux non annoncés.

Je terminerai ce chapitre par quelques détails sur l'expédition des trains non anoncés.

On pourrait dire que la perfection de l'exploitation d'un chemin de fer consiste dans la possibilité de faire partir des trains à toute heure du jour et de la nuit, sans avoir à redouter d'accidents, autant du moins qu'ils dépendent de la condition de la voie, du mode de signaux adoptés et du personnel qui en est chargé.

Il est évident, en effet, que si la voie est en bon état, ou bien, si dans le cas contraire, les signaux convenables sont constamment faits pour indiquer

(1) Le télégraphe électrique a d'abord été posé sur le petit chemin de Londres à Blackwall, puis entre Londres et Slough, près de la demeure royale de Windsor, sur le Great-Western. Il est maintenant établi sur toute la longueur des chemins de fer, depuis Rugby (83 milles de Londres) jusqu'à Newcastle (303 milles de Londres). Il est établi entre Londres, Norwich et Yarmouth; entre Londres, Ypswich, Colchester et Bury Saint-Edmond; entre Londres, Southampton et Portsmouth; et on s'occupe de le compléter entre Londres et Liverpool. Enfin l'on peut dire qu'avant peu Londres sera en communication immédiate avec toutes les extrémités du Royaume-Uni. La longueur actuelle des télégraphes électriques réunis est de 1.700 kilomètres. Les compagnies les établissent à leurs frais et les mettent à la disposition du public moyennant de faibles rétributions.

les endroits dangereux ou en état de réparation; si dans les cas d'encombrement de la voie, les conducteurs ou garde-lignes sont attentifs à signaler le danger du côté des trains qui pourraient suivre, dans l'un ou l'autre sens; si lorsqu'un train a perdu du temps dans sa marche, le conducteur-chef a soin de faire faire des signaux par les garde-lignes, ou d'en poser lui-même sur les rails pour avertir tout train, attendu ou non, qui pourrait arriver; si toutes ces précautions sont prises par un personnel bien discipliné, le chemin de fer offrira toute sécurité, et des trains spéciaux non annoncés pourront être expédiés à toute heure sans exiger d'autres précautions de la part du mécanicien que celle d'être attentif aux signaux qui pourraient lui être faits.

Mais l'organisation du personnel des chemins de fer est encore d'une date trop récente; le sentiment de la responsabilité morale encourue par tout homme qui fait partie d'une exploitation n'est pas encore assez général; l'on ne peut enfin assez compter sur la sécurité de la voie en dehors des heures des trains réguliers pour oser, sans inquiétude, faire partir un train, non annoncé d'avance, sur la portion de la ligne qu'il a à parcourir.

Utilité du télégraphe électrique pour faciliter les trains spéciaux.

Sur les chemins de fer où les compagnies ont à leur service le télégraphe électrique, un train peut être annoncé presque instantanément à toutes les stations, dont les chefs peuvent alors prévenir les trains de voyageurs, de marchandises ou de ballast, afin de les faire se garer à temps, ou même les retenir au besoin. Sous ce rapport, le télégraphe électrique est d'un très-grand secours pour éloigner les chances d'accident : reste cependant toujours la difficulté de prévenir à temps tous les

garde-lignes et tous les cantonniers répandus sur la ligne, en train de réparer la voie, et dont la moindre négligence, dans l'exhibition des signaux qui leur sont recommandés en tous temps, lorsqu'ils rendent momentanément une portion de la voie impropre à la circulation, pourrait causer un accident grave. Ainsi donc, même avec les avantages du télégraphe électrique, il reste encore un certain danger à expédier des trains spéciaux non annoncés : aussi les évite-t-on autant que possible: cependant, il est des circonstances où on les risque, même en temps de brouillard, le jour comme la nuit; mais ce n'est que dans des cas d'urgence extrême comme par exemple, lorsque les bateaux à vapeur arrivant à Liverpool apportent pour le gouvernement des dépêches dont la transmission à Londres n'admet aucun retard. Si cependant, au moment où ces dépêches doivent partir, l'heure d'expédier un train régulier est proche, on attend que l'heure de ce train régulier soit arrivée, afin de s'entourer de toutes les chances possibles de sécurité; on l'expédie en apparence comme train régulier attendu sur toute la ligne; mais en réalité, on le transforme en train spécial portant les dépêches pressées, et on a l'avantage de s'en servir pour annoncer sur toute la ligne par le signal d'usage (une planche rouge le jour, la nuit une *extrà* lampe rouge, placées en arrière) qu'un train spécial va suivre. Ce train spécial ne sera autre que le train régulier retardé par le véritable train spécial qui a pris sa place.

Trains spéciaux non annoncés et d'urgence.

Trains spéciaux annoncés.

En dehors des demandes de trains spéciaux venant de la part de la reine ou des ministres de S. M., les compagnies ont de la répugnance à accorder des trains spéciaux, parce qu'ils jettent

toujours une perturbation dans le service et créent des chances d'accidents, même lorsqu'on a tout le temps de les annoncer d'avance et d'arranger les temps de circulation et de garage des trains de marchandises ou de voyageurs afin qu'ils laissent la voie libre pour le passage du train spécial.

Au reste, les prix des trains spéciaux sont assez élevés pour que peu de personnes soient tentées de les demander. Le moindre train spécial sur le *London and Birmingham railway* coûte en effet 8 *schellings* par mille, soit en nombre rond 6 francs par kilomètre, ou 48 francs par poste.

Il doit être entendu qu'en temps de brouillard, nuls autres trains ne doivent être autorisés à circuler sur la voie, que les trains réguliers dont les heures de passage à chaque station doivent être connues de tous les employés de cette station, y compris les cantonniers du district ou section de la voie dont elle fait partie.

Ce n'est que dans des cas d'urgence extrême, comme je l'ai indiqué plus haut, et en quelque sorte par ordre du gouvernement et sous sa responsabilité, que certains trains spéciaux, en Angleterre, ont été lancés sur la voie en temps de brouillard.

CHAPITRE IV.

SERVICE DES MARCHANDISES.

Chargement et déchargement des wagons. — Emmagasinage des colis. — Livraison des colis hors des magasins.

Divisions du service matériel des marchandises.

Le service matériel de l'expédition des marchandises se compose du chargement des colis au départ, du déchargement à l'arrivée et au besoin de l'emmagasinage. Il existe une quatrième opération, à savoir : la livraison des colis sur les camions de leurs propriétaires.

Les moyens mécaniques produisent le bon marché et la rapidité des manœuvres.

Ces opérations, soit au départ, soit à l'arrivée, doivent pouvoir s'effectuer à très-bon marché et le plus rapidement possible : or, pour un service de quelque importance, il n'y a que des moyens mécaniques qui puissent répondre à ces conditions; le travail des chargements ou déchargements à bras et avec le plan incliné ne saurait être qu'une exception ou un provisoire.

L'Angleterre offre de bons exemples à imiter.

Sous le rapport des opérations qui viennent d'être énumérées, l'Angleterre offre de bons exemples à imiter et je vais chercher, dans ce qui va suivre, à indiquer brièvement comment on les y exécute.

Divisions d'une gare de marchandises.

Une gare de marchandises reçoit et expédie des colis; il est donc utile de faire d'abord deux divisions générales, une de départ et une d'arrivée. Un côté de la gare sera affecté au départ, le côté opposé sera affecté à l'arrivée. Dans le premier cas, on aura à prendre les colis de la charrette pour les placer sur le wagon qui doit les emporter. Dans le second, on devra, au contraire prendre les colis du wagon pour les placer sur la charrette chargée de les transporter chez leur propriétaire; mais ces

opérations inverses sont cependant mécaniquement identiques, et par conséquent les côtés de départ et d'arrivée devront être construits d'une façon analogue et pourvus de moyens mécaniques analogues. On devra donc disposer des grues de distance en distance sur un quai d'une faible largeur, de sorte que le rayon d'action de la grue corresponde à la fois et à la charrette qui apporte ou qui reçoit les colis et au wagon qui va partir ou qui arrive avec les colis.

Grue récemment adoptée dans les gares de marchandises en Angleterre.

J'ai donné, *Pl. XII*, *fig.* 1 à 14, un dessin complet de la grue que l'on adopte généralement en Angleterre dans les nouvelles gares de marchandises les plus récemment organisées, ou qui s'organisent en ce moment; ce sont des grues simples, capables de soulever les ballots, colis, paquets, sacs, etc., de toute espèce, expédiés ou reçus.

La *Pl. XII* me semble assez claire pour dispenser de toute longue explication. La *fig.* 1 représente l'élévation de la grue d'un côté; la *fig.* 2 représente l'élévation du côté opposé. On voit, *fig.* 1, que les poids sont enlevés par l'effet d'un treuil en fonte manœuvré du bas par une corde enroulée sur le tour à manivelle IL (*fig.* 13). La chaîne en fer qui élève les colis s'enroule autour de l'arbre du treuil en fonte TR, vu en plan, *fig.* 6. La roue *abcd* du treuil a une gorge assez profonde pour recevoir le développement du cordage enroulé sur le tour à manivelle IL. Le fond de la gorge de la roue *abcd* n'est point continu, il se compose seulement de six éléments situés aux extrémités des bras ou rayons de cette roue, *fig.* 5, de sorte que la corde du tour IL s'enroule en dessinant un hexagone régulier. Le frein se trouve en *ff'* (*fig.* 13) sur le tour à manivelle IL : on attache un morceau du cordage à un point fixe, en F par exemple (*fig.* 14);

on lui fait faire un ou deux tours autour de *ff'*, et, quand on veut empêcher un poids de descendre, on tire le cordage par l'autre extrémité, ou bien on fixe cette autre extrémité autour de l'arrêt F; de cette façon, on peut modérer à volonté la descente d'un colis sur le wagon en chargement ou sur la charrette qui reçoit les colis enlevés des wagons arrivés.

La grue qui vient d'être décrite coûte, en Angleterre, de 30 à 32 liv. sterl. ou de 750 à 800 fr.

S'il s'agit de transporter de très-fortes pièces pesant 6, 8 ou 10 tonnes, etc., comme par exemple des chaudières à vapeur, on a recours à d'autres moyens.

Fortes grues pour les poids exceptionnels.

Chaque gare importante a ou doit avoir dans sa cour une ou deux fortes grues pouvant enlever jusqu'à 10 ou 15 tonnes afin d'être en mesure de soulever des poids exceptionnels; dans le cas que je viens de citer comme exemple, on élèverait la chaudière en la faisant porter sur les doubles wagons destinés aux transports des longues pièces de bois : la charge serait répartie sur deux wagons dont chacun porterait au plus 5 à 6 tonnes, ce qui n'est rien que d'habituel. D'ailleurs il existe des wagons plats à 6 et même 8 roues destinés aux transports des poids exceptionnels.

Magasins des gares de marchandises.

Dans les gares de marchandises où les besoins du service exigent une très-grande activité et un déchargement rapide des wagons pour les utiliser à nouveau, sans cependant gêner le commerce, en exigeant de lui un enlèvement rapide des colis, il est bon, il est même indispensable d'avoir, au-dessus du quai où les wagons sont déchargés, des magasins à un ou plusieurs étages pour y entreposer les marchandises et les tenir à la disposition immédiate des destinataires.

Si l'on peut décharger et classer les marchandises très-rapidement et à bon marché, on a l'avantage de donner toutes facilités désirables aux négociants, et l'on tire des wagons le plus grand parti possible, ce qui revient à dire que l'on exploite la ligne avec un matériel 30, 50 et même 100 p. 0/0 moindre que celui qui devient nécessaire avec des moyens de déchargements longs et coûteux comme tous ceux où l'on n'utilise pas les moyens mécaniques.

Utilité des magasins et des moyens rapides d'emmagasinage.

La gare principale des marchandises de Liverpool, quoique, sous beaucoup de rapports, placée dans des conditions d'infériorité, comme, par exemple, d'être située au bas d'un tunnel en plan incliné, se distingue cependant beaucoup par l'ensemble des mesures d'économie bien entendue qui y ont été introduites par M. Braithwaite Poole, l'un des chefs les plus influents du service des marchandises de l'immense ligne appelée aujourd'hui le *London and North-Western railway* sur laquelle on transporte environ un million de tonnes (charbon non compris).

Arrangement de la gare principale des marchandises de Liverpool.

J'ai cherché à donner en détail les moyens adoptés par M. Poole pour faire tout à la fois le déchargement des wagons ainsi que l'emmagasinage et le classement des colis. La *Pl. XIII* indique tout le procédé. Les *fig.* 1 à 5 de la *Pl. XIII* indiquent spécialement comment se fait la livraison des colis emmagasinés aux destinataires.

Je vais successivement expliquer ces deux planches. La *Pl. XIII* se compose de 5 figures principales et de figures accessoires, dont les titres juxtaposés indiquent les vues que l'on a eu pour but de montrer.

Le problème à résoudre est celui-ci : étant donné un wagon chargé, par exemple, de balles de coton,

décharger ce wagon, enlever les balles à un étage quelconque des magasins et classer ou arrimer lesdites balles avec le moins de bras et le plus rapidement possible.

Grue à vapeur (*steam-crane*).

On voit (*fig.* 5, *Pl. XIII*) la balle que l'on est en train de hisser, la corde qui l'enlève est celle d'une grue d'un genre nouveau et qu'on appelle grue à vapeur (*steam-crane*) et dont le nom sera justifié si l'on va jusqu'au bout de cette explication.

Cette corde de grue monte en vertu d'un effort produit, non pas comme dans les grues ordinaires, au moyen de la puissance produite par des roues dentées tournant par l'effort de manivelles mues à bras d'hommes, mais bien par un effort produit par la vapeur et situé à un, deux ou trois, etc., étages au-dessus de la grue.

Hoist ou machine à élever les colis dans les magasins.

Dans la *Pl. XIII* j'ai, pour plus de simplicité, supposé l'effort transmis à la grue situé à un étage seulement au-dessus de la grue; l'appareil qui produit cet effort s'appelle un *hoist* ou machine à élever les poids, il est représenté en plan, *fig.* 3; et en élévation, *fig.* 4.

Le mouvement est transmis par une machine à vapeur au tambour *t't'* qui, au moyen d'une courroie, fait tourner le tambour *tt*. Sur un même arbre $\gamma\delta$ tournent dans les paliers γ et δ, le tambour *tt* et une *roue d'embrayage* I'K' représentée *fig.* 6, et dont la disposition, par rapport au grand tambour IK, est représentée *fig.* 1.

Les coussinets en cuivre du palier γ offrent un certain jeu afin de permettre la très-faible déviation nécessaire pour que, lorsqu'on tire la corde ω, le levier d'embrayage, *fig.* 1, entraîne le palier δ et en même temps la roue I'K' jusqu'au contact du grand tambour IK. Les *fig.* 8 et 9 représentent

les détails du palier δ et de son support EFGH ; on voit, *fig.* 8, que le palier δ a, à sa partie inférieure, une échancrure où s'engage une saillie du levier d'embrayage (Voir *fig.* 1).

La *fig.* 9 indique les diverses dispositions au moyen desquelles le palier peut avancer ou reculer sur le support EFGH.

La *fig.* 7 représente la vue du grand tambour IK regardé en se plaçant derrière la *fig.* 1, ainsi que sa coupe.

Lorsqu'en pressant sur la corde ω la roue I'K' est maintenue en contact avec le tambour IK, ce tambour est mis en mouvement et, par le moyen des engrenages NO, N'O', représentés *fig.* 2, le cylindre LM tourne et enroule le cordage qui, par le moyen de la poulie P, va passer suivant l'axe du pivot de la grue et par les poulies P', P'', de celle-ci va se diriger au-dessus des wagons qui sont à décharger. L'ouvrier qui est chargé de manœuvrer la grue doit avoir constamment à sa disposition les cordes ω et ω'. En pressant sur la corde ω, il fait monter les colis ainsi que je viens de l'expliquer.

Lorsque les colis sont arrivés à la hauteur voulue, l'ouvrier lâche la corde ω : alors le levier d'embrayage, par l'effet du poids *a* retombe dans la position indiquée *fig.* 1 ; la roue I'K' cesse de toucher le tambour IK, et, par conséquent, le mouvement d'ascension du colis cesse instantanément : non-seulement il cesse, mais la balle de coton redescendrait immédiatement si l'ouvrier qui lâche la corde ω ne pressait aussitôt sur la corde ω' pour faire agir, sur le tambour IK, le frein représenté *fig.* 1. L'ouvrier attache même cette corde au levier en fer YZ; alors, en agissant sur l'extrémité Z, il fait tourner la grue et place la

balle de coton dans le magasin, là où il le juge convenable : cela fait, il délie la corde du frein, qui n'étant plus maintenu, retombe alors par l'effet du poids *b*, *fig.* 1.

Le poids en plomb W et le poids des chaînes à crochet placées au bout du cordage de la grue entraînent alors ce cordage et le font descendre pendant qu'au moyen du levier YZ l'ouvrier déchargeur ramène la grue dans la direction voulue pour continuer le déchargement du wagon. Tout cela se fait rapidement, et deux hommes suffisent à opérer le déchargement et l'emmagasinage définitif des balles ou paquets les plus lourds.

Ce n'est que récemment qu'on a employé dans la gare de Liverpool les grues à vapeur que je viens de décrire ; et jusqu'ici il n'y a que deux grues de cette sorte fonctionnant pour le déchargement des wagons, mais les *hoists* ou appareils représentés en plan et élévation, *fig.* 3 et *fig.* 4, sont très-employés : avec ceux que l'on installait récemment, la gare des marchandises connue sous le nom du quartier de *Wapping* à Liverpool, doit avoir en ce moment 50 appareils semblables mus par une machine à vapeur de 30 chevaux seulement. Les *hoists* sans grue opèrent très-bien le déchargement des wagons. C'est exactement la même manœuvre qu'avec la grue, avec cette différence que l'on peut seulemen élever les poids dans une direction verticale et dans telle position *fixe* que l'on juge à propos de choisir, en faisant passer le cordage LVX au-dessus d'une ou plusieurs poulies fixes, tandis qu'avec la grue on a de plus l'avantage de pouvoir placer les colis aux divers points de son rayon d'action et à la hauteur que l'on désire, ce qui économise le temps et les frais.

Économie du déchargement des wagons par les *hoists*.

Les *hoists* simples ou combinés avec des grues, en d'autres termes, le chargement et l'emmagasinage par la vapeur offrent un grand avantage sur les mêmes opérations faites par des grues mues à bras d'hommes. On compte qu'en moyenne une tonne de marchandises coûte 6 pence ou 63 centimes de chargement au départ et autant de déchargement à l'arrivée, quand ces opérations se font avec grues mues par la force de l'homme : mais, lorsqu'on emploie la vapeur, les prix paraissent être réduits dans une proportion considérable, et M. Braithwaite Poole m'assurait qu'il résultait d'expériences par lui faites, que la réduction des frais, dans le cas de déchargement et d'emmagasinage par le moyen des *hoists*, surtout des *hoists* combinées avec des grues, variait de 1 à 2 pence ou de 10 à 20 centimes par tonne.

Droits d'emmagasinage : en général, on ne les exige pas.

La compagnie du chemin de fer précité, profite de ses économies de frais pour offrir de plus grandes facilités au commerce; par exemple : elle pourrait exiger 2 pence ou 21 centimes par colis emmagasiné par semaine; mais, sauf des cas exceptionnels, elle ne demande rien. Elle a le droit, se le réserve, mais en somme ne l'exerce pas, et cependant la compagnie du *Liverpool and Manchester railway* et celle du *Grand-Junction*, qui ont depuis longtemps déjà des intérêts communs, ont bâti à Manchester et à Liverpool des magasins qu'avec leur outillage j'ai entendu évaluer à une somme totale de 300.000 liv. sterl. ou en nombre rond 7.500.000 fr.; ces chemins ne représentaient cependant, à l'époque où les dépenses furent faites, qu'une longueur de 109 milles 1/2, soit en nombre rond 175 kilomètres : il est vrai que les compagnies qui possèdent ces chemins ont devant

Résultats des concessions à perpétuité.

elles l'avenir tout entier; ce sont des associations organisées avec droit de succession non interrompu (*a body corporate with perpetual succession*). Elles ne sont ni préoccupées de s'amortir, ni pressées de jouir de leurs priviléges; elles établissent leur exploitation à grands frais, dans de bonnes conditions, et autant que possible en vue du bon marché des transports; si bien, qu'en somme, leurs grandes dépenses se résolvent en diminutions considérables de frais de tous genres, en commodités et économies de temps et d'argent pour le commerce, en augmentation de *traffic*, et, en définitive, en accroissement de revenu.

Résultats des concessions courtes.

L'étude de ce qui se passe sous ce rapport, en Angleterre, est de nature à inspirer des doutes sérieux sur l'efficacité réelle du système des concessions courtes, que la concurrence entre des compagnies rivales mises en présence, devait nécessairement amener. Le but définitif que l'on s'était proposé d'atteindre en France, à savoir : de réserver les gros bénéfices pour l'État, au lieu de les livrer aux compagnies, reste dans les incertitudes de l'avenir. Il est permis d'hésiter à croire qu'en réalité l'État, c'est-à-dire l'ensemble de la nation, gagne quelque chose aux résultats d'un système qui, simple et économique au premier abord, peut être jugé bien différemment, lorsque l'on considère les entraves invincibles que les bornes d'une concession très-limitée mettent au développement des mille facilités qu'un chemin de fer peut créer pour l'industrie en général.

La question de l'amortissement des mises de fonds, question d'arrêt lorsque les concessions sont courtes, s'élève contre la tentation de dépenses qui

seraient très-productives dans d'autres conditions.

Mais je reprends mon sujet : dans ce qui a été dit plus haut, on a pu voir comment, étant donnés des wagons chargés, on peut facilement et à très-peu de frais les décharger et emmagasiner leur contenu. Le problème inverse à résoudre est la livraison des marchandises emmagasinées.

Livraison des marchandises hors des magasins.

Usage de l'*hoist* dans ce but.

L'appareil qui vient d'être décrit peut servir et sert réellement à cet usage. En effet, si après avoir disposé un colis près de l'issue du magasin, on l'attache au bout du cordage destiné à le descendre, on peut, en pressant sur la corde ω, mettre l'appareil en mouvement, élever un peu le colis et le lancer en dehors du magasin; cela fait, on lâche la corde ω pour arrêter le mouvement ascensionnel, et on s'empare de la corde du frein ω': le colis descendant par son propre poids, on n'aura qu'à modérer la vitesse de descente jusqu'à la voiture, en faisant usage de la corde ω'. Le colis étant détaché, on lâche la corde ω' du frein, et au contraire on presse sur la corde ω du levier d'embrayage : immédiatement l'appareil est mis en marche et fait remonter le cordage au point de départ pour saisir et descendre un autre colis, et ainsi de suite. On peut même disposer sur le grand cylindre LM deux cordages en sens inverse l'un de l'autre, de façon que l'un monte pendant que l'autre descend, et qu'il soit possible d'attacher un colis pour le lancer hors du magasin pendant qu'on détache celui arrivé en bas. On emploie dans la gare de Liverpool quelques *hoists* à la livraison des marchandises; ils sont très-commodes, car on maîtrise parfaitement, par leur moyen, la descente des colis et leur arrivée jusqu'à la voiture

qui doit les emporter ; mais cependant on emploie souvent aussi un autre appareil qui coûte moins cher à établir, et qui, sans être aussi commode et aussi maniable que l'*hoist*, est cependant fort utile. Cet appareil très-simple est indiqué *Pl. XII*, *fig.* 18 et 19. On l'appelle communément *jigger*.

Jigger, ou autre machine plus simple que l'*hoist* pour opérer la livraison des colis hors des magasins.

Dans sa plus simple expression, c'est un arbre où sont enroulés deux cordages en sens inverse l'un de l'autre, de sorte que lorsque l'un s'enroule, l'autre se déroule. Ces cordages vont passer chacun sur une poulie disposée en dehors des murs du magasin, de manière que chaque cordage puisse descendre verticalement au-dessus des charrettes ou voitures qui viennent chercher les colis qu'il s'agit d'enlever des magasins.

A l'extrémité de l'arbre est fixée une roue en bois, sur la circonférence de laquelle on peut faire agir un frein que l'on serre ou desserre à volonté ; ce qui revient à dire que l'on peut, à volonté, laisser descendre ou arrêter la corde à l'extrémité de laquelle est suspendu le colis des marchandises.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de livrer hors des magasins des sacs de farine : on attache le sac S comme il est indiqué *fig.* 18, *Pl. XII*; puis, au moyen de la manivelle MN, *fig.* 19, on fait tourner l'arbre HG de manière à élever un peu le sac et à pouvoir ainsi le projeter en dehors : cela fait, on laisse descendre le sac, tout en modérant la vitesse au moyen du levier EDC, qui, lorsque le point C s'abaisse, fait descendre la tige BC, et par conséquent presse le frein BA contre la roue RR'. La manière dont le grand levier EDC manœuvre est bien simple : quand l'ouvrier tire la corde EPF passant sur la petite poulie P, le levier pivote autour du point fixe D,

de telle sorte que E monte et que C descend. Lorsque l'ouvrier abandonne la corde, le grand bras ED descend, tandis que le petit bras DC monte et par conséquent soulève le frein BA. Rien n'est donc plus facile que de modérer à volonté la descente du sac S. Il est important de remarquer que, lorsque les livraisons se font au moyen de l'appareil que je suis en train de décrire, il ne faut pas faire descendre tout d'abord le sac ou tout autre colis au point où on veut qu'il arrive, mais il faut l'arrêter, en serrant le frein, un peu avant son point de destination; c'est qu'en effet on se servira de son poids et du chemin qui lui reste encore à parcourir pour enlever le sac suivant et le projeter en dehors du magasin, au lieu d'employer la manivelle MN comme on l'a fait pour lancer le premier. On voit donc que l'opération en est simple. Les colis ou sacs, etc., après avoir été apportés près du point d'issue, sont successivement lancés en dehors par les colis de poids semblable précédemment livrés en dehors.

Le frein représenté *fig.* 18 et 19 est très-simple, peut-être trop simple; il n'agit que sur une faible portion de la circonférence de la roue RR', bien qu'on ait évidé de x en y le bois BA; or, comme à pression égale l'effet du frein est proportionnel à l'espace dont les surfaces en contact de la roue et du frein glissent l'une sur l'autre, il s'ensuit qu'il y aurait avantage à adapter contre la roue un frein d'une surface beaucoup plus grande : or, ce but peut être atteint en faisant usage, comme frein, d'une surface faite d'éléments de bois plats reliés entre eux par des bandes de fer flexibles, qui rendent par conséquent le frein flexible lui-même, de telle sorte que ce frein, étant disposé de façon

à embrasser la demi-circonférence inférieure de la roue, puisse s'y appliquer tout entier ou s'en séparer par son propre poids à la volonté de l'ouvrier chargé des manœuvres. L'effet d'un tel frein est instantané; on peut, par son moyen, maîtriser beaucoup mieux la descente des colis, et l'on risque moins, par conséquent, de les laisser descendre trop bas, ce qui nécessiterait l'emploi de la manivelle à bras pour les remonter.

Jigger employé à Manchester.

On a cherché à donner, *Pl. XII, fig.* 20 et 21, une idée de l'usage et de la forme d'un frein semblable à celui dont il vient d'être question. C'est par un *jigger* ainsi modifié que l'on fait les livraisons des sacs de farine, grains, pois, etc., hors des magasins du chemin de Manchester à Leeds qui en reçoit des quantités immenses, et notamment des comtés de Norfolk et de Lincoln.

Immenses transports de grains sur le Manchester and Leeds railway.

Les magasins du *Manchester and Leeds railway* à Manchester sont assez considérables pour contenir 100.000 sacs de farine pesant chacun 280 livres anglaises, ou de 8 à la tonne.

Facilités données au commerce

La compagnie, pour attirer le transport des grains sur sa ligne, se charge de les emmagasiner pour deux mois sans rien exiger ; passé ce terme, elle fait payer 1/2 penny (5c,5) par tonne et par jour. Elle se charge même de fournir les sacs qu'elle loue à un prix très-modéré. Non-seulement la compagnie emmagasine, mais encore elle se charge de livrer, sans additions de frais, à tout acheteur à qui le propriétaire des sacs donne un bon. Les comptes de chaque propriétaire de sacs sont tenus par la compagnie comme un compte d'écus chez un banquier ; ils sont débités au fur et à mesure des livraisons faites sur leurs bons, et leurs comptes courants se balancent à certaines

époques fixes. Il résulte de l'ensemble de ces mesures, de très-grandes facilités pour les négociants et un accroissement de dividendes pour les actionnaires.

Procédés de l'emmagasinage des grains à Manchester.

La manière dont les sacs de grains, de farine, etc., sont emmagasinés à Manchester est assez curieuse pour mériter une simple mention.

On sait qu'à la station de Miles-Platting, située à un mille de Manchester, la ligne de fer se divise en deux : l'une descendant en pente raide vers Manchester, et l'autre se rendant à peu près de niveau vers la gare des marchandises : il en résulte que la cour de cette dernière, où les voitures et les chariots de la ville viennent apporter et prendre des colis de toute espèce, est à 25 pieds environ au-dessous de la ligne de fer, et que les wagons arrivent dans les étages supérieurs des magasins, si bien qu'il ne se trouve qu'un seul étage au-dessus d'eux.

Si cette disposition a l'inconvénient d'obliger à monter et à descendre par une machine à vapeur de 20 chevaux les wagons pour les amener, soit au niveau des cours, soit au niveau de la ligne, on a aussi l'avantage, par cette disposition, de pouvoir emmagasiner très-facilement les arrivages considérables de sacs de farines ou de grains de toutes sortes, soit dans les étages inférieurs, soit dans les étages supérieurs.

Pour emmagasiner les sacs dans les étages inférieurs, on les laisse glisser sur des plans inclinés disposés à cet effet d'étage en étage, et l'opération se fait presque sans autres frais que l'enlèvement hors du wagon et l'arrimage dans le magasin, ce qui est presque insignifiant.

Méthode du hissage des sacs.

La méthode de hissage des sacs à l'étage supérieur est aussi très-rapide et se fait par le moyen indiqué *Pl. XII*, *fig.* 15 à 18.

Je crois devoir la décrire en quelques mots, parce qu'elle m'a paru très-simple comme moyen mécanique et comme division de travail.

L'appareil de hissage est un véritable treuil : une corde sans fin EFG (*fig.* 15) s'enroule dans la gorge de la grande roue EF (*fig.* 16), qui a 7 à 8 pieds de diamètre; deux hommes, que j'appellerai A, A′, sont d'un côté de la corde; deux hommes, B, B′, sont de l'autre côté; un contre-maître C commande la manœuvre; un quatrième ouvrier D est placé sur le wagon en déchargement pour attacher les sacs au fur et à mesure qu'ils doivent être enlevés; enfin, un ou deux ouvriers sont destinés à transporter les sacs à leurs diverses destinations dans le magasin sur de petites brouettes spécialement faites pour les sacs et très-maniables.

L'arbre du treuil, indiqué à part *fig.* 17, reçoit une corde qui n'y est fixée par aucune de ses extrémités : les deux extrémités I, K, au contraire, sont pendantes et terminées chacune par un crochet : quand une extrémité monte, l'autre descend, et réciproquement. Un sac du wagon étant attaché à l'extrémité I, les ouvriers A, A′, pèsent chacun sur la corde, les ouvriers B, B′, restent alors au repos : pour aller plus vite, A, A′, ne se contentent pas de peser, ils sautent alternativement de manière à saisir la corde aussi haut que possible et à y peser de tout leur poids : le sac monte ainsi très-rapidement de l'étage inférieur à l'étage supérieur en traversant une trappe TR, et lorsqu'il est arrivé au-dessus de la brouette qui doit l'enlever, le contre-maître C le détache et

immédiatement B, B′, pèsent à leur tour sur la corde EFG, qui tourne alors en sens inverse et enlève le sac que le quatrième ouvrier D a déjà attaché à l'autre extrémité K de la corde enroulée sur l'arbre du treuil. Les ouvriers A, A′, d'une part, et B, B′, de l'autre, se reposent donc successivement et n'ont autre chose à faire qu'à peser à leur tour sur la corde EFG, de manière à faire prendre au treuil des mouvements inverses dont chacun enlève un sac : le contre-maître C ne fait que détacher les sacs, en tient le compte et commande la manœuvre. Le quatrième ouvrier D ne fait qu'attacher les sacs au fur et à mesure.

Je ne pourrais dire exactement quel ouvrage font ces six hommes, mais il m'a semblé que chaque sac ne prenait pas plus d'une ou deux minutes, en moyenne, pour être enlevé (1).

En admettant une moyenne de une minute 1/2 par sac, on trouve, aux prix ordinaires reçus par les ouvriers, en Angleterre, que le déchargement

---

(1) La question des grains excitant à un haut degré l'attention publique, j'ajouterai ici quelques mots sur les prix de transport des grains de divers marchés vers le grand centre de Manchester, tels que ces prix étaient par tonnes en mars dernier.

			Milles.	Kilomètres.	Schellings.	Fr.	c.]
De Darlington	à	Manchester. .	120	193	16	20	16
De Hull	à	id.	116	187	15	18	90
D'York	à	id.	82	132	12	15	12
De Selby	à	id.	68	109	12	15	12
De Leeds	à	id.	61	98	11 4	14	28
De Rochdale	à	id.	11	17,71	3	3	78

On voit que ces prix ne sont point uniformes et qu'ils varient depuis 21 centimes par tonne et par kilomètre pour les plus petites distances jusqu'à 10 centimes environ pour les plus grandes.

et le classement des sacs dans le magasin reviendrait à 7 centimes par sac ou 56 centimes par tonne (1).

---

(1) Un contre-maître, pour le genre d'ouvrage dont il est ici question, est très-satisfait de 4 schellings par jour. Un manœuvre reçoit 2 schellings à 2 sch. 1/2 : j'ai admis ce dernier chiffre. J'ai supposé que l'attacheur de sacs dans le wagon recevait 3 sch., et enfin, j'ai admis la journée habituelle en Angleterre, de 10 heures de travail effectif. On trouve, ainsi que le contre-maître, l'attacheur de sacs et les six manœuvres, y compris les arrimeurs, reçoivent 22 schellings ou 27 fr. 72 c. pour les 10 heures ou 600 minutes durant lesquelles on enlève 400 sacs, ce qui porte la dépense de hissage et arrimage de chaque sac à environ 7 centimes.

NOTICE

Sur une machine d'extraction à colonne d'eau fonctionnant dans le puits Saint-André, près Schemnitz (Basse-Hongrie);

Par M. H. PACHE.

Une machine de rotation à colonne d'eau très-élégante vient d'être construite à Schemnitz par M. le professeur et directeur en chef des machines (Oberkunstmeister) Adriany. Cette machine fut posée en septembre 1843 dans une chambre latérale du puits Saint-André. Elle est destinée à l'élévation des minerais dans ce puits, à partir du niveau de la galerie de l'Empereur Joseph, jusqu'au niveau de la galerie Dreifaltigkeits-Erbstollen, c'est-à-dire sur une hauteur de 320 mètres. L'eau motrice arrive sur la machine avec une chute de 111 mètres; elle est fournie par l'étang du Klingerstollen, situé au jour dans le haut de la vallée.

Le problème de la production d'un mouvement de rotation uniforme et continu, au moyen d'une machine à colonne d'eau, fut déjà résolu, en 1832, par M. le professeur Schitko de Schemnitz (1). La machine qu'il construisit alors pour la mise en mouvement du bocard n° 1 de Dilln existe encore aujourd'hui, et n'a pas cessé de marcher depuis cette époque. Cette machine très-compliquée lais-

(1) Voyez la description de cette machine, et les calculs qui s'y rapportent, dans l'ouvrage de M. le professeur Schitko : « Beitrage zur Bergbaukunde insbesondere zur Bergmaschinenlehre. » 2ᵉᵐᵉ Heft, à la page 131. (Wien. 1834, bei Beck.)

sait évidemment beaucoup à désirer, et celle de M. Adriany nous en présente le plus ingénieux perfectionnement que l'on pût attendre. Elle diffère du reste complétement de la première, tant par les conditions locales où elle se trouve placée que par son mode de construction.

Lors de mon séjour à Schemnitz (août 1845), un tourillon de l'arbre du volant s'était cassé et la machine se trouvait en réparation. C'est cette circonstance qui m'a fourni la facilité d'en lever le plan et de pouvoir l'étudier dans presque tous ses détails. Peu de jours après j'eus, à ma grande satisfaction, le plaisir de la voir marcher. Il n'y avait aucun bruit, aucune secousse, et un seul mécanicien assis dans sa petite loge la manœuvrait au moyen d'une manette. Si je n'eusse été averti, j'aurais certainement cru me trouver auprès d'une de nos meilleures machines à vapeur.

La projection horizontale de la machine (*Pl. XIV, fig.* 1) nous fait voir les deux cylindres moteurs A, A'. Ces cylindres en fonte provenant des usines impériales et royales de Rohnitz sont bien alésés, et sont exactement du même diamètre et de la même longueur. Ils sont boulonnés sur de fortes pièces en chêne, fixées elles-mêmes sur une fondation en maçonnerie. Les tiges des pistons qui se meuvent dans chacun de ces cylindres sont reliées aux manivelles M, M', par l'intermédiaire des deux bielles B, B'. Les deux manivelles M, M' sont fixées à 90° sur l'arbre en fonte du tambour cylindrique T, T'. Sur ce même arbre sont montés les deux excentriques E, E', ainsi que le volant V, dont les bras sont en bois; la couronne seule est en fonte. Les deux petits cylindres C, C', forment l'appareil distributeur et régulateur de la

machine; chacun d'eux est traversé dans toute sa longueur par une tige reliée à l'excentrique et sur laquelle sont fixés invariablement les deux pistons p, π; p', π'. Ces petits cylindres régulateurs sont boulonnés sur la même fondation que les cylindres moteurs. Leur axe se trouve parallèle et exactement dans le même plan horizontal avec l'axe de ces derniers.

En X (*Pl. XIV*, *fig.* 1 et 2), nous voyons le point de rencontre de quatre tuyaux; il s'y trouve un robinet en bronze enchâssé dans un boisseau légèrement conique à quatre ouvertures. P est le tuyau d'arrivée ou de chute des eaux motrices; O le tuyau d'émission ou de décharge; F et L (*fig.* 2) communiquent avec l'appareil régulateur. C'est sur l'axe du robinet, en m, qu'est fixé le bras du levier de la manette.

Il faut remarquer maintenant que chacun des cylindres régulateurs C, (C') porte cinq tubulures, dont deux d'entre elles e, f (e', f'), en établissent la communication avec les deux extrémités a, b (a', b'), du cylindre moteur. Les deux autres g, h (g', h'), à la partie inférieure, communiquent avec le robinet à quatre voies, au moyen du tuyau G (G') (*fig.* 2) et des deux tuyaux H (H') (*fig.* 3) et L. La cinquième tubulure l (l') communique également avec le robinet à quatre voies, au moyen des tuyaux K (K') et F.

Si nous considérons l'instant de la marche de la machine où les deux manivelles se trouvent dans la position indiquée sur le dessin, ce qui correspond aux positions α (α') (*fig.* 1) des deux pistons moteurs et β, γ (β', γ'), des pistons régulateurs, nous voyons l'eau motrice entrant par F se précipiter dans le tuyau K, (K'), et pénétrer dans le cylindre A par la

lumière *e*. Le piston moteur *a* achève alors sa course de *a* vers *b*, tandis que l'eau qui se trouve derrière lui est refoulée vers le tuyau O par la lumière *f* et les tuyaux H, L (*fig.* 1, 2 et 3). Pendant ce temps, les pistons *p*, π, ont pris respectivement les positions p'', π''; l'eau arrive sous le piston moteur par la lumière *f* et le chasse de *b* vers *a*, tandis que l'eau qui vient de produire son effet s'écoule par l'orifice *g* dans le tuyau G, et de là vers le tuyau d'émission. Les choses se passent absolument de la même manière pour le cylindre A'; seulement dans celui-ci le piston se trouve à l'extrémité de sa course à l'instant où le piston du cylindre A se trouve exactement au milieu de la sienne.

Pour changer la direction du mouvement, le mécanicien agira sur la manette de manière à tourner le robinet à 90° de sa position primitive, qui était *xy*.

L'eau motrice ne pouvant plus prendre sa route par les tuyaux F, K, remplira les tuyaux L, H, G, et pénétrant dans le cylindre par l'orifice *h* et la lumière *f*, poussera le piston de *b* vers *a*, c'est-à-dire en sens inverse de sa direction primitive.

Dans ce cas, l'eau qui se trouve derrière le piston est refoulée vers l'émission par la lumière *e* et les tuyaux K, F, O. A la fin de cette course, la lumière *f* se trouvera fermée et la lumière *e* ouverte à l'eau arrivant par l'orifice *g*; une nouvelle course recommence et ainsi de suite.

Les deux portions T, T', du tambour, de chaque côté du volant, sont indépendantes l'une de l'autre et l'une d'elles est montée sur un manchon en fonte qui peut être rendu fou sur l'arbre, lorsque l'on veut extraire à des niveaux différents.

Les câbles d'extraction sont en fil de fer et les

molettes sont en bois de chêne avec un moyeu en fonte.

Je n'ai pas pu voir les pistons, mais d'après les explications qui me furent données, les pistons régulateurs sont composés de rondelles de cuir serrées entre deux plaques de fonte au moyen de quatre boulons (Scheibenliederung ou garniture à disques). De distance en distance, entre les rondelles de cuir, on a interposé des rondelles en cuivre rouge.

Les pistons moteurs ont une espèce de garniture toute particulière, nommée, à Schemnitz, *Kappenliederung* (garniture à bonnet). Elle consiste à recouvrir le corps métallique du piston au moyen de deux systèmes de cylindres en cuir, emboutis et serrés l'un contre l'autre par leur fond avec l'intermédiaire de deux plaques de fonte et de deux rondelles en cuir. L'axe de ces cylindres coincide exactement avec l'axe du piston sur la tige duquel ils sont passés. A l'instant où l'eau motrice arrive sur le piston, elle vient aussi frapper la surface intérieure du bonnet de cuir au moyen des huit petits canaux obliques et le presse ainsi fortement contre la surface alésée du cylindre moteur. Les deux disques extrêmes sont maintenus et serrés à volonté par quatre tiges boulonnées. Cette garniture ne nécessite que très-peu de réparations et pourrait certainement être employée avec avantage dans plusieurs autres cas.

Pour apprécier le travail de la machine, nous avons les chiffres suivants :

Le diamètre du piston moteur est de $0^{m},162$, ce qui correspond à une surface de $0^{m.car.},020611$;

La course du piston étant de $1^{m},010$.

On trouve pour le volume engendré par une course simple $0^{m.cub.},020817$.

Le diamètre du tambour est de $2^{m},02$ et sa circonférence de $6^{m},346$;

L'espace parcouru dans le puits par la charge est de $320^{m},774$, trajet qui est opéré en 12 minutes. C'est donc une vitesse de $0^{m},45$ par seconde. Pour cela il faut par minute 4,212 révolutions complètes du tambour, c'est-à-dire 8,424 courses simples de chaque piston moteur. Le volume d'eau dépensé par minute serait donc pour les deux cylindres : $2 \times 8,424 \times 0^{m.cub.},020817 = 0^{m.cub.},350724$, et en 12 minutes, ou pour une ascension de la charge : $4^{m.cub.},208688$.

Le poids du sac de minerai est.	$728^{k},0$
Le poids du câble en fil de fer.	$246^{k},4$
Le poids total de la charge est de. . .	$974^{k},4$

La hauteur de chute de l'eau motrice est de $111^{m},427$.

Le rapport du travail dépensé au travail produit, ou l'effet utile de la machine, serait donc :

$$\frac{320^{m},774 \times 974^{k},4}{4^{m.cub.},208688 \times 1000^{k} \times 111^{m},427}$$

ou

$$\frac{312561}{468961} = 0,666.$$

Ce travail dépensé par la machine d'extraction à colonne d'eau correspond à une force de :

$$\frac{350^{k},7 \times 111^{m},427}{75 \times 60} = 8^{chevaux},68.$$

RECHERCHES

Sur les altérations des roches qui renferment les lignites tertiaires de la Provence;

Par M. DIDAY, ingénieur des mines.

Les modifications que les roches de sédiment ont éprouvées, depuis l'époque de leur dépôt, soit dans leur composition, soit dans leur texture, forment sans doute un des plus intéressants sujets d'étude que présente maintenant la géologie. L'observation attentive de celles de ces modifications qui sont dues au contact ou même au voisinage des roches ignées, a donné naissance à la théorie du métamorphisme, qui, après avoir été longtemps combattue, a enfin conquis sa place dans la science, et a pu seule rendre raison d'un grand nombre de faits inexplicables jusqu'alors. Une réaction s'est même opérée en faveur de cette théorie d'abord repoussée; et, parce que les phénomènes observés dans la nature n'ont pas toujours pu être reproduits dans le laboratoire, quelques géologues se sont crus autorisés à attribuer au métamorphisme des effets complétement inconciliables avec les lois les mieux établies de la chimie et de la physique : ils l'ont en quelque sorte considéré comme une puissance mystérieuse qui n'était point astreinte à se soumettre à ces lois, et dont l'action devait expliquer tous les faits auxquels on ne pourrait actuellement assigner une autre cause. C'est là du reste une tendance de l'esprit humain qui n'est pas nouvelle, et quel-

que chose de semblable a eu lieu toutes les fois que la science a dû reconnaître, par les effets produits, l'existence d'une force dont elle ne pouvait préciser ni la nature ni le mode d'action.

Une autre erreur qui avait également pour résultat d'étendre le domaine du métamorphisme au delà de ses véritables limites a été celle de quelques observateurs qui, trompés par l'apparence, ont cru voir des modifications profondes dans la composition de roches dont l'aspect seul avait changé, et ont ainsi attribué à cette force des phénomènes qui, en réalité, n'avaient pas eu lieu. Combien de fois, par exemple, n'a-t-on pas indiqué comme dolomies, dans le voisinage des roches ignées, des calcaires grenus et ne renfermant que quelques centièmes de carbonate de magnésie.

L'emploi de l'analyse chimique est donc en général indispensable pour corriger les observations de métamorphisme et leur donner toute la précision désirable; car, bien que l'action des roches ignées se soit assez souvent bornée à changer la structure des couches de sédiment qui se trouvent dans leur voisinage, cependant les phénomènes de ce genre dont l'étude présente le plus d'intérêt sont ceux qui se rapportent à un changement de composition. Mais les analyses nécessaires pour constater ce changement sont souvent difficiles, quelquefois même impossibles dans l'état actuel de la science; les modifications qu'a subies la composition des roches métamorphiques ne sont pas en effet toujours dues à la soustraction de quelques-uns de leurs éléments ou à l'introduction d'une substance nouvelle, elles résultent quelquefois simplement d'une variation dans l'état de

combinaison ou d'agrégation des éléments qui constituaient la roche non altérée.

A côté de ces grands phénomènes, dus ou attribués à l'action des roches ignées, et dont il est si souvent difficile de donner une explication complète, il est un autre ordre de modifications, qui en général ont eu des résultats moins considérables et moins propres à attirer l'attention du naturaliste, mais dont l'étude offre cependant un intérêt particulier, parce qu'il est presque toujours possible de se rendre exactement compte des causes qui leur ont donné lieu, et que souvent même la chimie nous fournit les moyens de produire des effets semblables. Je veux parler des altérations que certaines roches ont éprouvées, soit, dans la période actuelle, par l'action des agents atmosphériques; soit, à une époque antérieure, par des causes d'une nature analogue.

Il a déjà été fait un assez grand nombre d'analyses de roches et de minéraux ainsi altérés; quelques-uns de ces travaux ont même conduit à des résultats d'une certaine importance, et permis d'établir, pour quelques cas particuliers, les lois d'après lesquelles l'altération avait eu lieu. Telles sont notamment les recherches de MM. Brongniart et Malagutti sur les kaolins (1); celles de M. Delesse sur la décomposition des minerais de cuivre, etc. (2). Toutefois on doit reconnaître que la plupart des questions de ce genre n'ont encore été examinées que sous le rapport purement minéralogique. On a étudié le mode de

(1) Archives du Muséum, t. II.

(2) Annales des mines, 4e série, t. IX; et Bulletin de la Société géologique de France, 2e série, t. III.

décomposition des roches, décrit et analysé les nouveaux produits auxquels cette décomposition avait donné lieu. Mais, jusqu'à ces derniers temps, on ne paraissait pas s'être occupé de l'importance géologique que pouvaient offrir les phénomènes de cette nature.

M. Ebelmen est, je crois, le premier qui ait envisagé la question sous ce nouveau point de vue, dans son mémoire sur la décomposition des espèces de la famille des silicates (1). Il ne s'est pas borné en effet à comparer les produits de cette décomposition aux roches non altérées : il a fait connaître, en outre, les conditions atmosphériques et géologiques dans lesquelles devaient s'être produits les faits qu'il avait constatés par l'analyse, et recherché l'influence que ces faits pouvaient avoir exercée, soit sur les terrains dans lesquels ils ont eu lieu, soit sur la composition des terrains plus récents. Considérés ainsi, les phénomènes de l'altération des roches présentent encore plus d'intérêt, et des recherches dirigées dans ce sens ne peuvent manquer de fournir des documents précieux sur l'origine, trop peu connue jusqu'ici, des substances minérales dont se composent les terrains stratifiés qui forment une grande partie de l'écorce du globe.

Ces considérations m'ont fait espérer que l'on pourrait trouver quelque intérêt dans les observations que j'ai eu occasion de recueillir sur un fait bien connu, mais dont l'importance géologique ne me semble pas avoir toujours été suffisamment appréciée : je veux parler de la décomposition des pyrites de fer. Toutefois je crois

(1) Annales des mines, 4e série, t. VII.

devoir me borner, dans ce mémoire, à examiner un cas particulier du phénomène dont il s'agit : les effets de la décomposition des pyrites contenues dans les roches marno-calcaires qui renferment le combustible fossile exploité dans le bassin d'Aix (Bouches-du-Rhône). En restreignant ainsi la question, je perdrai, il est vrai, l'avantage de pouvoir généraliser les conséquences auxquelles je serai conduit; mais j'aurai, comme compensation, celui de les appuyer sur des observations de détail qui leur donneront, je l'espère, un caractère de certitude incontestable.

Le terrain dont il s'agit forme une bande allongée de l'Est à l'Ouest, qui s'étend depuis la limite orientale du département jusqu'à l'étang de Berre, sur une longueur de 48 kilomètres et une largeur moyenne de 12. Les roches qui le composent sont des calcaires plus ou moins marneux, alternant quelquefois avec des bancs d'argile, et renfermant plusieurs couches de lignite exploitable. Ce terrain, qui constitue la partie inférieure des formations tertiaires de la Provence, est recouvert, sur une certaine étendue, par de puissantes assises d'argile et de calcaire d'eau douce, que l'on peut considérer comme les étages supérieurs du même terrain. Au-dessus se trouve celui qui renferme les gypses d'Aix, et qui est recouvert par la mollasse coquillière, la seule formation tertiaire marine qui existe dans cette partie de la France.

Le terrain qui renferme les lignites est affecté de failles, de glissements, et de tous les accidents que l'on rencontre dans les exploitations de combustibles minéraux. Le charbon est en général profondément altéré dans le voisinage de ces acci-

dents; mais il l'est aussi quelquefois, et peut-être même plus souvent, dans des parties qui paraissent offrir une allure tout à fait régulière. Dans ce dernier cas l'altération n'est pas bornée aux couches de lignite, elle s'étend ordinairement à toutes les roches du terrain, depuis la surface jusqu'à une profondeur qu'il n'a pas toujours été possible de déterminer.

Les parties ainsi altérées ont reçu des mineurs du pays le nom de *moulières* : elles présentent les caractères suivants. Le calcaire, qui est habituellement d'un gris bleuâtre, compacte, et à cassure un peu esquilleuse, devient jaune, tendre, friable : les coquilles qu'il renferme se délitent et se détachent de la roche. Enfin, lorsque l'altération est parvenue à son dernier degré, on ne trouve plus qu'une matière argileuse jaunâtre, dans laquelle toute trace de fossiles a disparu.

Le lignite éprouve un changement analogue : il perd son éclat, sa dureté et sa belle couleur noire; il devient brun, tombe en poussière, ou forme, avec les roches aussi décomposées qui alternent avec lui, une argile d'un brun noirâtre plus ou moins foncé.

Un examen un peu attentif des moulières fait bientôt reconnaître que non-seulement les éléments de la roche ont été modifiés, mais que même une partie de ces éléments a été enlevée. Les calcaires altérés sont en effet devenus spongieux, et donnent facilement passage à l'eau. Cette propriété, bien connue des mineurs, permet d'utiliser les moulières pour l'assèchement des mines, lorsqu'elles se trouvent au-dessus du niveau général des eaux de la contrée; mais elle les rend fort nuisibles à l'exploitation lorsqu'elles

sont inférieures à ce niveau; ce qui, aujourd'hui surtout, est le cas le plus fréquent.

Les calcaires altérés ont en outre perdu la matière bitumineuse qui les colorait, et, dans les lignites qu'ils renferment, une forte proportion des principes combustibles a aussi disparu.

Enfin il arrive souvent que, par suite de la perte d'une partie considérable de leurs éléments, les roches ont dû se tasser sur quelques points, et produire ainsi des vides. Tantôt ces vides sont presque horizontaux et s'étendent entre deux couches, dont l'une est plus altérée que l'autre; tantôt ils présentent une disposition moins régulière; sur d'autres points enfin quelques bancs ont complétement disparu, et les excavations atteignent alors d'assez grandes dimensions. Je citerai notamment celle que l'on a rencontrée, en 1844, dans les travaux du Rocher-Bleu, et qui avait une capacité de 600 mètres cubes environ.

Telles sont les principales modifications que l'on remarque d'abord dans les roches des moulières, et que l'on peut constater avant de les soumettre à aucune expérience. Or, il est évident que cette altération diffère tout à fait de celle qu'ont en général éprouvée les roches métamorphiques. Il paraîtra donc peu probable qu'elle puisse être attribuée à l'action des roches ignées, qui du reste ne se montrent nulle part au jour dans ce bassin.

Il est facile d'ailleurs de reconnaître que la cause de cette modification, quelle qu'elle soit, ne doit pas être cherchée au-dessous des couches du terrain à lignite. Si l'on examine en effet une moulière à plusieurs niveaux différents, on verra que, presque toujours, les limites des parties alté-

rées vont en se resserrant à mesure que l'on s'éloigne de la surface. La moulière affecte donc la forme d'un cône très-aigu, dont le sommet est dirigé vers le centre de la terre; il arrive même quelquefois que les travaux dépassent ce sommet, et l'on rencontre des roches parfaitement saines qui se trouvent verticalement au-dessous de roches altérées. Il est évident que le contraire devrait avoir lieu si l'altération était due à une cause qui aurait agi de bas en haut.

Dans les cas où l'on parvient ainsi à atteindre l'extrémité inférieure des parties altérées, on remarque ordinairement, au-dessous de ce point, une fissure verticale, qui traverse les couches dans une direction correspondant à peu près à l'axe de la moulière. Un examen attentif fait assez souvent apercevoir le prolongement de cette fissure, soit dans les parties les moins tendres de la moulière, soit dans les roches qui l'environnent. Les parois de cette fente sont souvent tapissées de petits cristaux de chaux carbonatée : quelquefois aussi on y trouve de la chaux sulfatée : cette dernière substance se rencontre également dans tous les vides des moulières; elle y forme des groupes de cristaux, dont le volume dépasse quelquefois la grosseur du poing.

Le mode d'altération que je viens de décrire doit évidemment conduire à penser que cette altération est due à l'action d'un dissolvant; la présence du sulfate de chaux dans les moulières doit en outre faire supposer que ce dissolvant est l'acide sulfurique ou un sulfate acide. Il était donc naturel d'attribuer l'origine des moulières à la décomposition des pyrites, phénomène qui se produit encore aujourd'hui dans les amas d'argile et

de menu charbon que l'on laisse, soit à l'extérieur des mines, soit dans les travaux, et qui donne souvent lieu à des incendies souterrains.

Les pyrites, qui sont assez abondantes dans les lignites tertiaires de Provence, ne s'y montrent pas, comme dans la plupart des houilles, en lamelles ou en paillettes; elles y sont disséminées en particules indiscernables. Elles ne se trouvent pas seulement dans le charbon et dans les lits d'argile qui l'accompagnent, mais on les rencontre également dans toutes les roches du terrain. Les calcaires et les lignites de cette formation contiennent en outre quelquefois un peu de soufre à l'état natif; c'est un fait que j'ai reconnu depuis longtemps (1), et que j'ai souvent eu l'occasion de constater dans ces dernières années. Ce soufre ne s'enflammerait peut-être pas spontanément, mais il peut brûler par suite de la chaleur que développe la combustion des pyrites, et les produits auxquels il donne lieu doivent aussi agir sur les roches calcaires.

M. de Villeneuve, qui a le premier attribué la production des moulières à la décomposition des pyrites (2), a cité, à l'appui de cette opinion, quelques analyses que j'avais publiées précédemment dans les *Annales des mines*, et dont on pouvait déjà tirer quelques conséquences en faveur de la théorie qu'il présentait. Ainsi la quantité totale de soufre était en général moins considérable dans les moulières que dans les roches non altérées; ou, lorsqu'il en était autrement, on trouvait, dans les premières, une plus forte proportion

(1) Annales des mines, 3ᵉ série, t. XVIII.
(2) Annales des mines, 4ᵉ série, t. V.

d'oxyde de fer, qui pouvait provenir d'une certaine quantité de pyrite décomposée. Le carbonate de magnésie, qui peut donner un sulfate très-soluble, ne s'y rencontrait plus. Les calcaires non altérés contenaient, parmi leurs principes volatils, un peu de matière charbonneuse, qui avait disparu dans ceux des moulières. Enfin, dans le lignite altéré, la proportion des éléments combustibles était beaucoup moins considérable que dans l'autre; et le charbon y était devenu presque complétement soluble dans une dissolution faible de potasse, propriété que n'a pas le lignite de bonne qualité.

Toutefois on ne pouvait se dissimuler que ces premiers résultats n'étaient pas suffisants pour démontrer la théorie dont il s'agit. Les échantillons analysés avaient peut-être été pris à de trop grandes distances les uns des autres, pour que l'on pût être certain que ceux que l'on comparait entre eux avaient eu primitivement la même composition. En outre, ceux qui provenaient des moulières n'étaient pas dans un état complet d'altération : ils conservaient encore une certaine dureté, et l'on y distinguait parfaitement des fragments de coquilles. Il était donc nécessaire de recommencer ces recherches sur des échantillons mieux choisis; mais on doit comprendre combien il était difficile d'en trouver qui satisfissent simultanément aux deux conditions que je viens d'indiquer. Aussi n'est-ce que dans ces derniers temps que j'ai pu m'en procurer de semblables : ils proviennent de l'une des moulières rencontrées dans les travaux du puits de la Dubreuil. Sur ce point les roches non altérées ne sont pas éloignées de plus de 4 mètres de celles

qui le sont complétement. La comparaison entre des échantillons pris à une aussi petite distance les uns des autres doit donc permettre de reconnaître avec exactitude en quoi consiste cette altération. Je donne ici les analyses de quelques-uns de ceux que j'ai recueillis.

	Charbon de la veine inférieure de la grande couche, dite *la Menette*.	
	Non altéré. (N° 1.)	Altéré. (N° 2.)
Eau et gaz	0,036	0,058
Huiles et bitume	0,380	0,413
Charbon	0,501	0,249
Soufre	0,007	»
Pyrite	0,041	0,003
Oxyde de fer	»	0,162
Sulfate de chaux	0,012	»
Carbonate de chaux	»	0,055
Alumine	0,005	0,011
Silice	0,018	0,049
	1,000	1,000

	Charbon de la veine moyenne, dite *le Bleu*.	
	Non altéré. (N° 3.)	Altéré. (N° 4.)
Eau et gaz	0,041	0,058
Huiles et bitume	0,425	0,432
Charbon	0,474	0,328
Soufre	0,006	»
Pyrite	0,021	0,012
Oxyde de fer	»	0,037
Carbonate de chaux	0,019	0,089
Alumine	0,002	0,005
Silice	0,012	0,039
	1,000	1,000

	Calcaire intercalé entre *le Bleu* et *la Menette*.	
	Non altéré. (N° 5.)	Altéré. (N° 6.)
Eau et gaz.	0,012	0,034
Huiles et bitume. .	0,127	0,106
Pyrite.	0,008	»
Oxyde de fer. . . .	»	0,064
Carbonate de chaux.	0,801	0,096
Carbon. de magnésie.	0,012	0,004
Alumine.	0,012	0,196
Silice.	0,028	0,500
	1,000	1,000

	Argile intercalée entre la veine supérieure de charbon et le toit de la grande couche.	
	Altérée. (N° 7.)	Non altérée (1). (N° 8.)
Eau et gaz.	0,022	0,090
Huiles et bitume. . .	0,151	»
Pyrite.	0,018	»
Oxyde de fer.	»	0,124
Sulfate de chaux. . .	0,025	»
Carbonate de chaux.	»	0,178
Alumine.	0,132	0,180
Silice.	0,652	0,428
	1,000	1,000

La discussion des résultats de ces analyses fera voir qu'ils sont en tout point conformes à la théorie qui attribue la production des moulières à la décomposition des pyrites.

(1) Cet échantillon était à l'état de boue, et devait renfermer des débris altérés du calcaire qui forme le toit de la couche ; ces deux dernières analyses ne sont donc pas aussi rigoureusement comparables entre elles que les précédentes.

Examinons en effet ce qui a dû se passer dans cette hypothèse.

Les parties du terrain qui ont été altérées étant toujours traversées par des fentes verticales, qui s'étendent jusqu'au jour, et qui ont dû donner accès aux eaux superficielles, il est probable d'abord que ces eaux ont joué un rôle dans les phénomènes dont il s'agit; et ce rôle a dû être double. En premier lieu elles auront activé, sinon déterminé l'oxydation des pyrites : ensuite elles auront entraîné, à travers les fissures du terrain, une partie des produits de cette décomposition (1).

Le premier produit de la combustion des pyrites a dû être un sulfate acide de fer, qui n'aura pas tardé à passer au maximum; mais il est évident que ce sel n'a pu exister longtemps au milieu de roches calcaires. Le carbonate de chaux et celui de magnésie auront d'abord été attaqués par l'acide en excès; mais la décomposition n'a pas dû s'arrêter là. On sait en effet que le peroxyde de fer est précipité de ses dissolutions par le carbonate de chaux : or, le sulfate de fer produit aura dû certainement être dissous par les eaux d'infiltration, et cette dissolution, traversant les fissures du calcaire, y aura été décomposée : il y aura eu pré-

(1) L'altération du lignite dans le voisinage des failles et des autres dérangements est de la même nature que dans les moulières proprement dites, mais moins complète. Les moulières correspondent en général à des dépressions du sol, dans lesquelles se ramassent les eaux superficielles, qui peuvent ainsi pénétrer plus facilement et plus abondamment dans ces parties de terrain que dans toutes les autres.

cipitation d'oxyde de fer, et production d'une nouvelle quantité de sulfate de chaux (1).

Par suite de cette double décomposition une certaine quantité d'acide carbonique aura été rendue libre ; mais ce gaz sera resté en dissolution à cause de la pression à laquelle il était soumis ; l'eau ainsi acidulée aura pu par conséquent dissoudre et entraîner du carbonate de chaux. Quant à l'oxyde de fer, il aura aussi pu être emporté par les eaux, soit mécaniquement, soit peut-être à l'état de sel organique, ainsi que je l'indiquerai plus loin.

Toutes les analyses que j'ai rapportées ci-dessus prouvent en effet que, dans les charbons et les calcaires altérés, la plus grande partie du soufre libre et des pyrites a disparu ; on trouve, à la place

---

(1) La décomposition du sulfate de fer par le carbonate de chaux n'est pas du reste un fait rare dans la nature. Elle a encore lieu fréquemment de nos jours, et j'ai eu occasion de la voir s'opérer sur une assez grande échelle. En 1842 on vidait, à la mine de charbon de Piolenc (Vaucluse), d'anciennes galeries ouvertes dans des grès ; les eaux que l'on en retirait, et qui étaient très-chargées de sulfate de fer, étaient jetées dans un petit ruisseau, dont le lit était formé d'un sable calcaire ; or, voici ce que l'on remarquait : le fond et les bords du ruisseau se couvraient d'un dépôt ocreux ; en même temps l'eau devenait trouble, blanchâtre ; et un peu plus loin elle déposait une matière blanche, pulvérulente, qui n'était autre chose que du sulfate de chaux.

On sait d'ailleurs que, dans toutes les exploitations de combustibles des terrains calcaires, les amas de déblais en fermentation se couvrent d'aiguilles ou de cristaux de gypse. J'ai recueilli, dans les anciens travaux des mines de lignite de Nyons (Drôme), des cristaux de cette substance, parfaitement limpides, et d'une longueur de 3 centimètres.

de la pyrite, de l'oxyde de fer qui n'existait pas dans les échantillons non altérés. Les sulfates de chaux et de magnésie produits ont été entraînés; mais on trouve quelquefois de petites quantités du premier dans des roches non altérées d'une texture un peu lâche, qui ont pu s'en laisser pénétrer et le retenir.

La plupart des échantillons analysés contiennent trop peu de carbonate de chaux pour que l'on puisse conclure quelque chose de positif des chiffres qui se rapportent à cette substance. Un seul fait exception à cet égard, c'est le n° 5, et l'on peut voir, en le comparant au n° 6, combien la proportion de ce carbonate est moins forte dans la roche altérée. Quant au n° 8, j'ai déjà indiqué que quelques-uns de ses éléments pouvaient provenir d'un autre banc que celui qui a fourni le n° 7. On conçoit d'ailleurs que des roches non altérées, c'est-à-dire dans lesquelles les pyrites n'ont pas été décomposées, auront pu perdre une certaine quantité de leur carbonate de chaux par l'action du sulfate de fer qui les aura traversées.

Il serait possible en outre que l'argile eût aussi été attaquée, et qu'il y eût eu production d'une petite quantité de sulfate d'alumine. Car, si l'on excepte encore les n[os] 7 et 8, on verra que le rapport entre cette terre et la silice est toujours plus faible dans l'échantillon altéré que dans celui qui ne l'est point (1).

---

(1) Il paraît assez difficile en effet de croire que l'acide sulfurique ait été sans action sur la matière argileuse, mais on ne doit pas compter sur les analyses comparatives pour reconnaître les effets de cette action, parce que la silice rendue libre, se trouvant à l'état gélatineux, aura le plus souvent été entraînée par les eaux.

Il n'est peut-être pas aussi facile de se rendre exactement compte de l'altération qu'a éprouvée la matière combustible. A cet égard cependant deux faits bien positifs résultent des analyses ci-dessus et des autres essais auxquels j'ai soumis les échantillons analysés : l'un est la diminution de la partie combustible dans les roches altérées, diminution qui porte principalement sur le charbon fixe ; l'autre est la propriété qu'acquiert alors cette matière, de se dissoudre en partie dans une dissolution faible de potasse, propriété qui semblerait indiquer qu'elle se rapproche de l'ulmine ou des substances organiques de la même famille (1).

Des analyses exactes de cette matière altérée, seraient nécessaires pour faire connaître la manière dont elle a pu être formée et le rôle qu'elle a dû jouer. Toutefois quelques expériences permettent déjà de penser que ce rôle a dû être le plus souvent celui d'un élément électro-négatif.

Si l'on place des lignites non altérés dans des conditions à peu près semblables à celles dans lesquelles ils se sont trouvés lors de la production des moulières ; c'est-à-dire si on les imbibe d'acide

(1) Cette solubilité de la matière charbonneuse dans la potasse est toujours en rapport avec la présence d'une certaine quantité de peroxyde de fer, dans les lignites tertiaires de la Provence. Un grand nombre d'essais, que je n'ai pas cru devoir rapporter ici, m'ont conduit à cette conséquence générale que ces deux caractères ne s'observent que dans les lignites altérés, qu'ils s'y montrent toujours, et que, dans plusieurs échantillons d'un même lignite à divers degrés d'altération, les quantités de charbon soluble dans la potasse et d'oxyde de fer libre sont à peu près proportionnelles.

sulfurique et qu'on les abandonne pendant plusieurs jours à une chaleur modérée, on reconnaîtra, au bout de quelque temps, que le charbon ne s'est point dissous dans l'acide, mais qu'il a été altéré, et est devenu en partie soluble dans les dissolutions alcalines. L'action est beaucoup plus rapide et plus énergique si l'on remplace l'acide sulfurique par un acide oxydant; mais alors le lignite altéré se dissout aussi en partie dans l'acide.

Ces résultats sembleraient indiquer que, dans les moulières, la matière combustible s'est altérée en absorbant de l'oxygène sous l'influence de l'acide sulfurique produit par la décomposition des pyrites. Cette altération aura donc probablement donné naissance à des acides organiques qui auront pu dissoudre une certaine quantité d'oxyde de fer et de chaux.

Ces études sur la production des moulières conduisent ainsi à admettre que le principal effet de cette altération des roches a été la dissolution et l'enlèvement d'une partie de leurs éléments. Cette conséquence est du reste parfaitement d'accord avec l'observation qui nous apprend que les roches ainsi altérées ont une texture très-lâche, et qu'elles présentent souvent des vides plus ou moins considérables.

Il est par conséquent naturel de penser que ces matériaux entraînés par les eaux ont dû entrer dans la composition des formations plus récentes; et l'on peut se proposer d'en rechercher les traces dans ces formations. Il devient donc nécessaire, pour compléter l'étude des moulières, de déterminer l'époque à laquelle les roches du terrain à

lignite ont subi ce genre d'altération, et l'influence que les produits de cette décomposition ont pu exercer sur la constitution des terrains déposés postérieurement à cette époque.

Or, en considérant ainsi la question sous le rapport géologique, je crois que l'on doit admettre, et je me propose de démontrer :

1° Que le phénomène des moulières n'appartient pas uniquement à l'époque actuelle; mais qu'il a commencé à se produire immédiatement après, et peut-être même pendant le dépôt des couches du terrain à lignite;

2° Que les couches de sulfate de chaux exploitées dans le terrain à gypse d'Aix proviennent en très-grande partie, sinon en totalité, de celui qui a été produit dans les moulières par la réaction des pyrites décomposées sur le carbonate de chaux.

La démonstration de ces deux propositions exige une description sommaire des terrains d'eau douce de la Provence : je vais tâcher de faire connaître en quelques lignes la constitution de ces terrains.

Ils comprennent les étages suivants, en allant de bas en haut :

1° L'étage qui renferme les lignites des Bouches-du-Rhone, et dont l'épaisseur peut être de 200 à 250 mètres;

2° Un étage de calcaire marneux et d'argile, épais de 100 mètres environ ;

3° Un étage formé de six assises alternatives d'argile rougeâtre et de calcaire assez compacte, d'une épaisseur totale de 300 mètres;

4° Des assises de sable et d'argile rougeâtres, ayant environ 70 à 80 mètres.

5° Le terrain à gypse, d'une puissance de 90 mètres.

6° Enfin le second terrain à lignite, qui renferme les gisements exploités dans les départements de Vaucluse et des Basses-Alpes; la puissance de ce terrain atteint au moins 300 mètres.

De ces six étages les quatre premiers ne se montrent plus au nord d'Aix (1); les deux autres, au contraire, s'étendent à une assez grande distance jusque dans les départements situés sur l'autre rive de la Durance; ils ne se lient aux premiers que sur une largeur peu considérable, entre les montagnes d'Éguilles et celles de la Sainte-Victoire.

La plupart des dislocations qui ont affecté ces terrains se rapportent au système E. 16° N., auquel est principalement dû le relief de la Basse-Provence, et que M. Élie de Beaumont a désigné sous le nom de système de la chaîne principale des Alpes. Parmi les fissures verticales qui doivent être considérées comme la cause première des moulières, les plus étendues sont aussi le plus souvent dirigées parallèlement aux chaînes de montagnes voisines : d'autres sont ouvertes à peu près perpendiculairement à cette direction; mais on observe assez fréquemment que ces dernières ont une tendance à se rapprocher les unes des autres

(1) Il faut en excepter cependant les sables n° 4, que l'on rencontre sur quelques points du département de Vaucluse, mais en lambeaux isolés.

vers l'aval-pendage des couches. Ces observations conduisent donc à admettre que le phénomène des moulières est en relation avec celui du soulèvement des chaînes de la contrée, et que c'est à ce soulèvement que sont dues les fractures qui ont permis l'introduction des eaux superficielles dans l'intérieur des couches du terrain à lignite, et déterminé ainsi l'altération d'une partie de ces couches.

On sait que les soulèvements de ce système n'ont cessé qu'à la fin de la période tertiaire; mais un grand nombre de faits prouvent qu'ils n'ont pas agi de manière à produire tout leur effet à la fin de cette période, et que leur action a dû au contraire se faire sentir pendant un assez long intervalle. En ce qui concerne plus particulièrement les terrains d'eau douce de la Provence, il est facile de reconnaître que, pendant tout le temps qu'a duré le dépôt de cette formation, elle a été presque constamment soumise à l'action d'une force qui tendait à en disloquer et à en soulever les couches et que la direction suivant laquelle agissait cette force s'écartait peu de celle indiquée pour le système des Alpes centrales.

Si l'on trace en effet sur une carte un peu détaillée, les limites méridionales des quatres premiers étages de ces terrains, et même celles des diverses assises de chaque étage (1), on obtiendra une suite de portions de courbes non fermées, sensiblement concentriques, dont la convexité est tournée vers le Sud, et dont les deux extrémités

(1) Vers le Nord ces quatre étages disparaissent en s'enfonçant sous le terrain à gypse.

s'appuient contre les chaînes secondaires de la Sainte-Victoire et d'Eguilles. Si l'on rapporte en outre sur cette carte un certain nombre de directions de couches prises dans tous ces étages, on verra que ces directions, bien qu'elles oscillent en général dans des limites assez resserrées autour de l'E. N.-E., varient cependant assez pour être, le plus souvent, dans chaque assise, à peu près parallèles à la courbe qui en forme la limite. On pourra remarquer de plus que les couches plongent toutes à peu près vers un même point, qui serait le centre commun de toutes ces courbes, et qui est situé dans l'espace occupé par le terrain à gypse d'Aix.

Il est donc probable que ces formations d'eau douce ont dû éprouver au moins un soulèvement à la suite du dépôt de chaque assise; que, par suite de ces soulèvements successifs, les extrémités des couches ont été peu à peu émergées vers le Sud, l'Est et l'Ouest; et que le bassin dans lequel ce dépôt avait lieu s'est ainsi graduellement rétréci, jusqu'à ce qu'enfin les eaux n'aient plus occupé que la partie de ce bassin dans laquelle s'est formé le terrain à gypse, qui, dans le département des Bouches-du-Rhône, termine la série des formations d'eau douce.

Le terrain à lignite a donc dû être fracturé bien avant l'époque des gypses; et les eaux superficielles ont pu dès lors pénétrer dans l'intérieur de ses couches. Aujourd'hui ces eaux facilitent la décomposition des pyrites; et il est permis de penser qu'elles doivent en grande partie cette propriété à l'oxygène qu'elles tiennent en dissolution. Or, il y a lieu de croire qu'à l'époque dont il s'agit, la

composition de l'atmosphère tendait à se rapprocher beaucoup de celle qu'elle a actuellement, et que les eaux devaient par conséquent contenir aussi une assez forte proportion d'oxygène. On conçoit en effet que la formation des combustibles minéraux enfouis dans le terrain à lignite avait dû enlever à l'air une grande quantité d'acide carbonique; et l'on sait d'ailleurs que c'est un peu avant l'époque des gypses qu'avaient commencé à paraître dans ces contrées des animaux à respiration aérienne, et même des mammifères, qui n'auraient certainement pu vivre dans une atmosphère très-différente de la nôtre.

On doit donc penser que les causes qui produisent aujourd'hui la décomposition des pyrites ont commencé à agir immédiatement après le dépôt des couches qui renferment le lignite. Cette décomposition devait d'ailleurs être activée par une chaleur intérieure assez forte, que semblent indiquer les soulèvements, pour ainsi dire, continus, qui ont disloqué ces couches. Il est probable, par conséquent, que c'est à cette époque qu'ont été produites la plupart des moulières.

Le sulfate de chaux résultant de la réaction des pyrites décomposées sur le calcaire a dû se dissoudre alors dans les eaux qui déposaient les assises supérieures à celles qui renferment les lignites; mais ce sel étant beaucoup plus soluble que le carbonate, n'a dû se déposer qu'après lui, et lorsque ces eaux sont arrivées à un certain degré de concentration. Ce n'est en effet que vers la fin de cette période que le gypse commence à se montrer en quantité un peu considérale et à former des couches assez épaisses pour pouvoir être exploitées.

Quoique l'on ait généralement renoncé à attribuer une origine métamorphique aux gypses de sédiment des environs d'Aix, les géologues ne sont pas encore cependant complétement d'accord sur les causes qui les ont produits. Quelques-uns ont pensé qu'ils étaient dus à l'action de l'acide sulfurique liquide sur des calcaires en place; ce qui revient, en quelque sorte, à substituer un métamorphisme *par voie humide* au métamorphisme *par voie sèche*. Cette hypothèse d'ailleurs ne pourrait expliquer ni la séparation bien tranchée que l'on remarque entre les gypses et les calcaires, soit dans le plan des couches, soit perpendiculairement à ce plan, ni la présence de veines minces de carbonate de chaux intercalées dans les couches de gypse, ni la conservation si parfaite des fossiles. Elle ne saurait donc être admise.

D'autres géologues ont supposé que l'action de l'acide sulfurique s'était exercée sur le carbonate de chaux en dissolution dans l'eau : cette opinion paraît moins éloignée de la vérité, mais elle n'est pas cependant tout à fait satisfaisante; et, sans m'arrêter à quelques objections de détail auxquelles elle pourrait donner lieu, je me bornerai à faire remarquer combien il est difficile d'admettre que de l'acide sulfurique libre ait pu arriver dans un bassin dont le fond, les bords et les environs, jusqu'à une grande distance, étaient presque entièrement calcaires.

Il est donc bien plus probable que, qu'elle qu'ait été la cause de la production de cet acide, il a dû réagir sur les calcaires avant de parvenir dans ce bassin, et que le sulfate de chaux y a, par

conséquent, été introduit tout formé et en dissolution dans les eaux qui l'ont ensuite déposé.

Or, si cette hypothèse semble la plus probable, il paraîtra évident aussi qu'une partie au moins de ce sulfate a dû provenir des moulières. Ainsi que je l'ai indiqué précédemment, ce sel, dissous dans les eaux qui déposaient les étages moyens des terrains d'eau douce, s'y sera concentré peu à peu, à mesure que le bassin dans lequel ce dépôt avait lieu se rétrécissait, jusqu'à ce que les eaux s'en soient trouvées saturées, et qu'il ait par conséquent commencé à se précipiter.

De nombreuses observations prouvent que les étages inférieurs du terrain d'eau douce n'existent pas au-dessous des gypses d'Aix ; ce qui permet de supposer qu'à l'époque à laquelle ces étages se formaient, le bassin qui a été rempli ensuite par le terrain à gypse était en partie à sec. Probablement il devait être alors séparé de celui dans lequel se déposait le terrain à lignite par une chaîne secondaire peu élevée, qui unissait les montagnes d'Eguilles et de la Sainte-Victoire. Mais, lorsque le fond de ce dernier bassin a été suffisamment exhaussé, soit par les dépôts qui s'y étaient formés, soit par les soulèvements successifs qui les avaient affectés, les eaux ont dû se déverser pardessus ce barrage naturel, et envahir le bassin des gypses. L'introduction subite de ces eaux presque complétement saturées de sulfate de chaux, et que l'on pourrait appeler *les eaux mères* des dépôts inférieurs, a dû faire périr tous les animaux qui habitaient ce bassin : cette explication de la formation du terrain à gypse a donc encore l'avantage de s'accorder avec toutes les observations qui éta-

blissent que la destruction de ces animaux a dû être presque instantanée.

Pour achever de rendre cette hypothèse plus probable que toute autre, il ne sera pas sans intérêt de faire voir que les moulières ont pu produire la plus grande partie, on pourrait même dire la totalité du gypse que renferme le terrain d'Aix. L'exactitude de cette assertion, qui, au premier abord, ne paraît guère conciliable avec le peu d'importance que l'on attribue généralement au phénomène des moulières, peut cependant être démontrée par un calcul très-simple.

Le terrain à gypse d'Aix occupe une superficie d'environ 20.000 hectares : on y connaît deux couches de gypse qui, dans les parties exploitées, présentent une épaisseur totale de 3^{m},50 environ. Mais ces couches n'existent pas dans toute l'étendue du terrain, elles affectent la forme de lentilles très-aplaties, qui paraissent ne se trouver que vers les bords du bassin. Tous les puits creusés vers le centre n'ont rencontré, dans la position qu'elles devaient occuper, que des argiles renfermant quelques cristaux de sulfate de chaux. Il est donc probable que l'on sera plutôt en dessus qu'en dessous de la vérité en admettant que ce gisement équivaut à une couche de 2^{m},50, qui occuperait toute l'étendue du bassin. Il renfermerait par conséquent 500.000.000 de mètres cubes, ou 1.000.000.000 de tonnes de gypse, en supposant que le mètre cube pèse 2.000 kilogrammes.

Les étages inférieurs du terrain d'eau douce couvrent une surface de plus de 55.000 hectares. Dans les parties exploitées les mineurs admettent qu'il y a environ un cinquième de l'étendue inex-

ploitable à cause de l'état d'altération du charbon. Sur d'autres points cette proportion est beaucoup plus forte et l'exploitation devient alors impossible (1). Admettons cependant un cinquième de moulières pour toute l'étendue du bassin, et supposons en outre que l'altération ne s'étende pas en profondeur au delà des limites dans lesquelles elle a été reconnue par les travaux d'exploitation, c'est-à-dire qu'elle n'ait affecté les couches que sur une épaisseur d'environ 150 mètres. On aura, dans cette hypothèse, 16.500 000.000 de mètres cubes, ou environ 33.000.000.000 de tonnes de roches altérées.

Pour évaluer la quantité de pyrite qui a pu être décomposée dans ces roches, je ferai remarquer d'abord que, dans tous les échantillons non altérés qui ont été analysés, il est extrêmement rare que la proportion de pyrite soit au-dessous de 0,01 ; que le plus souvent elle dépasse notablement ce chiffre ; que, dans des déblais de mines, elle s'est élevée jusqu'à 0,08, et qu'un échantillon de charbon *exploité* a même donné le chiffre de 0,12. On admettra donc facilement qu'il n'y a pas d'exagération à évaluer la proportion de pyrite décomposée dans les moulières à 0,01 du poids de la roche, c'est-à-dire à 330.000.000 de tonnes.

Une partie de pyrite produit 2,93 de sulfate de chaux hydraté pur ; mais, si l'on tient compte de

(1) On trouve même quelquefois, auprès des parties exploitées, des étendues considérables qui ne peuvent l'être à cause des moulières. Ainsi, aux mines de Fuveau, les charbons sont altérés depuis les affleurements jusqu'à une distance de près de 800 mètres.

l'argile et du calcaire qui se trouvent presque toujours mêlés au gypse, soit en particules indiscernables, soit en petites veines, on admettra sans doute qu'une partie de pyrite peut en donner trois de gypse. Les pyrites décomposées dans les moulières en produiraient par conséquent 990.000.000 de tonnes : c'est à très-peu près le chiffre auquel je suis arrivé pour la richesse en gypse du terrain d'Aix.

Mais, comme il est probable que tous les chiffres sur lesquels j'ai établi ces calculs ont été exagérés dans la première partie, et au-dessous de la réalité dans la seconde, on peut penser que la quantité de sulfate de chaux produite par les moulières a été plus que suffisante pour former le gypse du bassin d'Aix. Une partie de ce sulfate aura sans doute été emportée à la mer; une autre portion aura été retenue dans les couches des terrains inférieurs, ainsi que le font voir quelques-unes des analyses que j'ai rapportées.

Je crois inutile de mentionner ici divers faits observés dans le terrain à gypse d'Aix, et dont la théorie qui précède pourrait seule rendre raison. J'ai voulu me borner à la présenter comme donnant l'explication la plus satisfaisante de la présence du sulfate de chaux dans cette formation. Il y a tout lieu de croire que l'on pourrait expliquer d'une manière analogue l'origine de la plupart des gypses de sédiment; mais des observations minutieuses seront nécessaires pour constater, dans chaque circonstance, l'altération des roches plus anciennes, altération dont il ne sera peut-être pas toujours possible de retrouver les traces. Ce n'est qu'après avoir enregistré plusieurs faits de ce genre,

que l'on pourra convertir en règle générale l'explication que je viens de proposer pour un cas particulier.

CHIMIE. (EXTRAITS.)

(Travaux de 1845-46.)

1. *Sur la chaleur dégagée dans la combustion de l'*HYDROGÈNE *et du* PHOSPHORE *par le chlore*; par M. Abria. (Institut, n° 635, p. 76.)

1 litre d'hydrogène sec à 0° et à 0m,76 donne, en brûlant dans le chlore sec, 2.151 unités de chaleur. Quand l'enceinte où se fait la combustion contient de l'eau, la chaleur dégagée par 1 litre d'hydrogène est de 3.455 unités; la différence 1.304 représente la chaleur dégagée par la dissolution des 2 litres d'acide chlorhydrique formés. 1 litre d'hydrogène dégageant 2.629 unités par sa combinaison avec l'oxygène, en supposant l'eau formée gazeuse, on voit que la combinaison de l'hydrogène avec le chlore ne donne que les 4/5 de la chaleur qu'il donnerait en s'unissant à l'oxygène.

1 gramme de phosphore brûlant dans un excès de chlore a donné 3.199 unités. En se combinant avec l'oxygène pour donner de l'acide phosphorique, la chaleur produite est de 5.699 unités.

2. *Sur l'*OZONE; par M. Williamson. (Institut, n° 634, p. 69.)

M. Williamson conclut de ses expériences que l'ozone est un oxyde d'hydrogène particulier. Il a décomposé une solution de sulfate de cuivre par

une batterie de quatre éléments de Bunsen. Il se dépose du cuivre au pôle négatif, et il se dégage de l'oxygène ozonisé au pôle positif. L'odeur de ce gaz est la même que celle du gaz qu'on obtient en décomposant l'eau acidulée par la pile, et comme il ne se produit pas d'hydrogène dans la décomposition du sulfate de cuivre par la pile, on peut être assuré que l'oxygène ozonisé ne renferme pas d'hydrogène libre. Après avoir été séché par un tube renfermant du chlorure de calcium, l'oxygène ozonisé a été conduit à travers un tube chauffé contenant du cuivre métallique réduit de l'oxyde par l'oxyde de carbone. Il s'est déposé de l'eau en quantité très-notable à l'extrémité du tube.

L'ozone est décomposé par la chaleur seule, perd son odeur et abandonne de l'eau à sa sortie du tube chauffé.

L'air humide qui passe sur le phosphore ne donne pas d'ozone. D'après M. Williamson, les propriétés qu'on a cru reconnaître à l'air qui avait passé sur du phosphore tiennent à un mélange d'acide phosphorique et d'oxygène, qui met de l'iode en liberté quand on fait passer cet air à travers une solution d'iodure de potassium. Quand le phosphore est en excès dans le tube traversé par l'air, celui-ci se dépouille complétement de son oxygène et n'agit plus sur la solution d'iodure mêlée d'amidon.

---

3. *Sur la fusion du* PHOSPHORE; par M. Desains. (Institut, n° 655, p. 247.)

M. Desains a trouvé 44°,2 pour le poids de fusion du phosphore. Sa chaleur spécifique est 0,2

entre 26° et 50°. Elle ne varie pas sensiblement, que le phosphore soit liquide ou solide. La chaleur latente de fusion du phosphore est 5,4.

---

4. *Recherches sur les combinaisons du* PHOSPHORE *avec l'*AZOTE; par M. Gerhardt. (Ann. de Ch., t. XVIII, p. 188.)

Les chimistes admettent l'existence de deux phosphures d'azote. L'une des combinaisons se produit, selon M. H. Rose, quand on chauffe le protochlorure de phosphore ammoniacal; elle se forme également, suivant MM. Wöhler et Liebig, avec la combinaison d'ammoniaque et de perchlorure de phosphore. Sa formule est PAz^2.

L'autre phosphure d'azote a été obtenu par MM. Wöhler et Liebig en traitant par l'eau le produit de l'action de l'ammoniaque sur le même perchlorure; ils le considèrent comme un hydrate du phosphure précédent et lui assignent la formule $PAz^2 + 2HO$ (1).

M. Gerhardt a examiné de nouveau ces réactions. Voici les conclusions de son travail :

1° L'ammoniaque, en agissant sur le perchlorure de phosphore à la température ordinaire, produit du sel ammoniac et de la chlorophosphamide $PCl^3 Az^2 H^4$. C'est ce mélange qui a été considéré à tort comme une combinaison de perchlorure et d'ammoniaque.

2° Sous l'influence de la chaleur, la chlorophosphamide produit de l'acide chlorhydrique et un composé à la fois phosphoré, hydrogéné et azoté,

---

(1) $P = 400$; $H = 12,5$; $Az = 175$; $O = 100$.

le phospham $PHAz^2$, dont la propriété caractéristique est de fixer les éléments de l'eau, sous l'influence de la chaleur, pour se convertir en acide métaphosphorique et ammoniaque.

3° L'eau décompose la chlorophosphamide en produisant de l'acide chlorhydrique et une nouvelle amide, la phosphamide $PH^3 Az^2 O$, qui, sous l'influence combinée de l'eau et de la chaleur, se comporte comme le phospham. Cette amide représente le phosphate d'ammoniaque neutre, moins trois équivalents d'eau.

4° Soumise à l'action de la chaleur seule, la phosphamide perd la moitié de son azote et la totalité de son hydrogène à l'état d'ammoniaque, et se convertit en une autre amide, la biphosphamide PAzO, remarquable en ce qu'elle ne contient pas d'hydrogène. Cette troisième amide peut se métamorphoser comme les deux précédentes.

5° Traitées par la potasse en fusion, ces trois amides se convertissent en phosphates tribasiques, en dégageant du gaz ammoniac; elles représentent, par conséquent, les amides de l'acide phosphorique.

6° Les deux corps connus sous le nom de phosphures d'azote n'ont pas cette composition.

---

5. *Sur la conversion de l'*HYDROGÈNE SULFURÉ *en* ACIDE SULFURIQUE; par M. Dumas. (Ann. de Ch., t. XVIII, p. 502.)

M. Dumas fait remarquer que dans beaucoup de localités l'hydrogène sulfuré se convertit au contact de l'air, et sous certaines influences, en acide sulfurique. Il cite notamment les fumaroles

qui caractérisent les lagoni de la Toscane. La vapeur d'eau qui entraîne de la vapeur d'acide borique contient aussi une petite quantité d'hydrogène sulfuré reconnaissable à son odeur. Le sulfate de chaux, si abondant autour des fumaroles et que l'on retrouve dans les bancs des lagoni, est évidemment un produit de la décomposition de l'hydrogène sulfuré. Aux eaux d'Aix, le même phénomène se reproduit. Les salles de bains, construites en pierre calcaire, se recouvrent bientôt à l'intérieur de croûtes et de cristaux de gypse, à tel point qu'on a été obligé de substituer la brique au calcaire dans les constructions nouvelles. Les ferrures ordinaires devront être remplacées par des gonds ou des verroux en cuivre, car la transformation du fer en sulfate est rapide.

Les rideaux de toile qui, dans les piscines, servent à isoler les malades, s'imprègnent très-rapidement d'acide sulfurique libre et se détruisent si rapidement qu'il a fallu renoncer dans l'établissement d'Aix, pour les bains de vapeur, aux caisses doublées de toile dont on s'était servi d'abord. Pourtant les vapeurs des eaux d'Aix ne contiennent pas d'acide sulfurique libre.

L'intervention des tissus de toile paraît être la cause prédominante de la production de l'acide sulfurique libre. M. Dumas a essayé de reproduire les mêmes phénomènes. L'air mêlé d'hydrogène sulfuré sec et à la température ordinaire ne produit pas d'acide sulfurique au contact des tissus ligneux; on n'en observe pas non plus quand le linge est humide, mais à la température ordinaire, à 40 ou 50°, et mieux vers 90°, l'acide sulfurique se forme en quantité très-notable au bout de 15 à 20 minutes.

M. Dumas fait remarquer que ces réactions expliquent le transport du soufre dans les êtres organisés. Les matières azotées des plantes et des animaux renferment en moyenne 1 p. o/o de leur poids de soufre. L'hydrogène sulfuré peut être mis en liberté par la décomposition des sulfates sous l'influence des matières organiques. L'hydrogène sulfuré disséminé dans l'air se transformera de nouveau en sulfates au contact des plantes et de l'humidité, et fournira aux végétaux le soufre nécessaire à leur existence.

---

6. *Faits relatifs à l'histoire du* SÉLÉNIUM; par M. N. W. Fischer. (Ann. de Pogg., 1846, n° 3.)

Lorsqu'on prépare l'acide sélénieux par l'action de l'acide nitrique sur le sélénium, les cristaux d'acide sélénieux sublimé en longues aiguilles sont déliquescents, et doivent cette propriété à la présence d'une certaine quantité d'acide sélénique. Cet acide ne se détruit point lorsqu'on redissout le produit dans l'eau, qu'on l'évapore et qu'on le sublime rapidement, bien que la température soit supérieure à celle à laquelle l'acide sélénique seul serait décomposé. L'auteur attribue cette propriété à la présence d'un composé particulier d'acide sélénique et d'acide sélénieux.

Un composé analogue prend naissance lorsqu'on fait, à plusieurs reprises, dissoudre l'acide sélénieux dans l'eau, puis que l'on évapore sa dissolution à siccité. Chaque fois qu'on le redissout, il reste un faible résidu de sélénium, et l'acide sélénieux devient de plus en plus déliquescent parce

qu'il se mélange d'acide sélénique, produit qui accompagne la réduction du sélénium.

Lorsque, dans la préparation de l'acide sélénieux par l'acide azotique, on emploie du sélénium contenant du soufre, il reste dans la cornue, après la sublimation complète de l'acide sélénieux, un résidu blanc, non cristallisé, déliquescent à l'air, formé par la combinaison de l'acide sulfurique avec l'acide sélénieux.

M. Fischer a déjà montré, en 1827, que l'acide sélénieux est réduit, non-seulement par le zinc et le fer, mais encore par tous les métaux qui réduisent l'argent, et même par ce dernier métal. Le sélénium est cependant moins oxydable et plus électro-négatif que ces métaux; cette réduction doit donc être attribuée à la double affinité du sélénium pour ces métaux, et de l'acide sélénieux pour leurs oxydes. Aussi obtient-on alors deux produits, un séléniure et un sélénite, et la réduction de l'acide sélénieux n'est-elle jamais complète, à moins qu'on n'ajoute un autre acide. L'action de ces métaux est surtout d'une activité remarquable sur la dissolution verte du sélénium dans l'acide sulfurique. Un fil de cuivre, plongé dans cette dissolution, se recouvre en peu d'instants d'une couche si compacte de séléniure et de sélénite de cuivre, qu'on peut l'enlever de dessus ce fil comme un tube solide. Même les métaux qui ne réduisent pas l'acide sélénieux, comme l'or, le platine et le palladium, présentent une forte attraction pour le sélénium; car, si l'on dépose sur ces métaux une goutte de la dissolution de sélénium dans l'acide sulfurique, le sélénium se fixe si fortement à leur surface, à mesure qu'il se précipite par l'ab-

sorption de l'humidité de l'air, qu'on ne peut l'enlever par des lavages.

---

7. *Sur le* BROMURE *de bore*; par M. Poggiale. (Comptes rendus, t. XXII, p. 124.)

M. Poggiale a obtenu le bromure de bore par le procédé qui sert à préparer le chlorure, c'est-à-dire au moyen de la vapeur de brome et de l'acide borique mêlé de charbon. Le gaz que l'on obtient est un mélange de 3 vol. d'oxyde de carbone et de 2 vol. de bromure de bore. Ses propriétés sont tout à fait comparables à celles du chlorure de bore. C'est un gaz incolore, très-acide, fumant fortement à l'air. Le chlore en isole le brome. Il se combine avec le gaz ammoniac.

On n'obtient pas de borure de fer en faisant passer de l'hydrogène sur du borate de fer au rouge. M. Poggiale a reconnu qu'il se formait, dans cette réaction, du fer et de l'acide borique.

---

8. *Recherches sur une nouvelle série d'*ACIDES *formés d'oxygène, de soufre, d'hydrogène et d'azote*; par M. Frémy. (Ann. de Ch., t. XV, p. 408.)

En faisant réagir l'acide sulfureux sur l'azotate de potasse basique, M. Frémy a obtenu une série nombreuse de nouveaux sels dont l'acide est formé de soufre, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote en proportions variables. L'action de l'eau, des acides et des corps oxydants sur quelques-uns des sels ainsi produits permet d'en préparer plusieurs au-

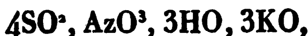
tres. Ces intéressants composés ont été décrits par M. Frémy dans l'ordre suivant :

1° *Sulfazate de potasse.* Pour produire ce sel, on commence par former une solution concentrée d'azotite de potasse (1) à laquelle on ajoute un excès d'alcali, puis on fait passer à travers la solution un courant d'acide sulfureux. La liqueur s'échauffe, puis elle se trouble et laisse déposer des aiguilles soyeuses de sulfazate qui est très-peu soluble dans la liqueur alcaline. On sépare les cristaux de l'eau-mère par compression sur un linge fin. On ne peut faire cristalliser le sulfazate de potasse que dans une liqueur fortement alcaline. Son analyse conduit à la formule



$$S^4 AzH^3 O^{14}, 3KO,$$

que l'on pourrait représenter ainsi :



$$4SO^2, AzO^3, 3HO, 3KO,$$

formule qui fait comprendre le mode de production de sulfazate de potasse. En faisant bouillir une dissolution de sulfazate de potasse, elle devient légèrement acide, il se dégage de l'oxygène, et la liqueur ne renferme plus que des sulfates de potasse et d'ammoniaque.

L'acide sulfazique n'a pu être isolé. Les acides tartrique et fluosilicique, versés dans la solution du sel, précipitent bien la potasse, mais l'acide sulfazique se décompose en acide sulfurique, ammoniaque et deutoxyde d'azote qui se dégage.

On n'obtient pas de sulfazates avec d'autres bases que la potasse. Quand on essaie de les prépa-

(1) L'azotite de potasse est préparé en saturant l'alcali avec le gaz qui se produit pendant la dissolution de l'amidon dans l'acide azotique.

rer par double décomposition, il se sépare un oxyde métallique et la liqueur contient les produits de la décomposition du sulfazate.

Quand on dissout le sulfazate de potasse dans l'eau froide et qu'on laisse évaporer spontanément sa dissolution, il se forme, suivant M. Frémy, deux autres sels : l'un, qu'il appelle *sulfazite de potasse*, reste dans les eaux-mères; l'autre, appelé *sulfazotate de potasse basique*, cristallise facilement en rhomboèdres volumineux.

Sulfazite de potasse. Le sulfazite de potasse cristallise difficilement. Il ressemble beaucoup au sulfazate. Il a pour formule :



$$S^3 AzH^3 O^{12}, 3KO = 3SO^2, AzO^3, 3HO, 3KO.$$

L'acide sulfazeux ne peut pas être isolé.

Sulfazotate de potasse basique. On peut l'obtenir par l'évaporation spontanée de la dissolution aqueuse du sulfazate, mais il est plus commode de le préparer directement par l'action de l'acide sulfureux sur l'azotite de potasse. On commence par préparer le sulfazate. Quand il s'est déposé de la dissolution en paillettes soyeuses, on ajoute assez d'eau pour le dissoudre et l'on continue à faire passer dans la liqueur, toujours fortement alcaline, un courant d'acide sulfureux. Le sulfazotate basique se dépose bientôt en cristaux durs et brillants. On les purifie en les faisant cristalliser à plusieurs reprises dans une liqueur alcaline.

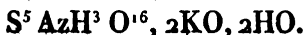
Ce sel supporte une température de 140° sans se décomposer. Il a pour formule :



$$S^5 AzH^3 O^{16}, 3KO = 5SO^2, AzO^3, 3HO, 3KO.$$

Il ne diffère du sulfazate que par deux éq. d'acide sulfureux.

Sulfazotate de potasse neutre. Les acides faibles transforment le sulfazotate de potasse basique en un sel moins soluble dans l'eau et dont la composition est représentée par la formule



$$S^5 AzH^3 O^{16}, 2KO, 2HO.$$

M. Frémy l'appelle *sulfazotate de potasse neutre*. Ce sel se décompose dans l'eau bouillante. Les cristaux deviennent spontanément opaques et éprouvent la même décomposition que par l'ébullition de la dissolution aqueuse. Sa dissolution ne précipite pas les sels neutres de baryte de plomb et d'argent.

Avec le sulfazotate de potasse basique et les sels de baryte et de plomb, on obtient des précipités qui sont des sulfazotates doubles de baryte et de plomb, et la liqueur renferme du sulfazotate neutre de potasse. Les sels de strontiane et de chaux ne donnent pas de précipités. Les autres sels métalliques donnent des précipités d'oxydes métalliques et du sulfazotate de potasse neutre.

Acide sulfazidique et sulfazidates. Le sulfazotate de potasse basique et surtout le sulfazotate neutre se décomposent quand on fait bouillir leur dissolution dans l'eau. La liqueur devient acide. Il se forme du bisulfate de potasse et un nouveau sel sulfazoté. On ne peut pas séparer ces deux sels par voie de cristallisation. Pour obtenir le nouveau sel sulfazoté, M. Frémy sature la liqueur devenue acide par de l'ammoniaque et précipite l'acide sulfurique par un excès de chlorure de baryum, puis il ajoute de l'eau de baryte et précipite ainsi un sel blanc cristallisé, très-peu soluble dans l'eau froide; c'est le *sulfazidate* de baryte. En le décomposant par l'acide sulfurique, on obtient

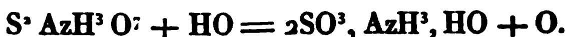
l'acide sulfazidique qui peut servir à préparer les combinaisons avec les diverses bases.

L'acide sulfazidique a une saveur fortement acide. Il est très-soluble dans l'eau et incristallisable. L'analyse de la combinaison avec la potasse et la baryte conduit M. Frémy à admettre pour la formule de l'acide anhydre :



$$S^2 AzH^3 O^7.$$

Quand on le fait bouillir avec de l'eau, il se dégage de l'oxygène et il se forme du bisulfate d'ammoniaque. On a en effet :



$$S^2 AzH^3 O^7 + HO = 2SO^3, AzH^3, HO + O.$$

L'acide sulfazidique possède la propriété remarquable de dissoudre à froid le peroxyde de manganèse en produisant un sel de manganèse au minimum et une vive effervescence d'oxygène. Il agit dans ce cas comme l'eau oxygénée.

Le sulfazidate de potasse a pour formule :



$$S^2 AzH^3 O^7, KO.$$

Il réduit les sels d'argent, de cuivre et d'or. Le peroxyde de manganèse le décompose avec dégagement d'oxygène. Il reste dans la liqueur du bisulfate d'ammoniaque.

Le sulfazidate de baryte est bibasique.

Action des corps oxydants sur les sulfazotates de potasse. Le chlore et l'acide azotique décomposent les sulfazotates de potasse sans produire de nouveaux sels sulfazotés. Il n'en est pas de même quand on fait réagir sur les sulfazotates l'oxyde d'argent ou l'oxyde puce de plomb.

Quand on met en contact de l'oxyde d'argent avec un des sulfazotates de potasse, l'acide métallique est réduit et la liqueur devient d'un bleu·

violet. On décante et la liqueur abandonne en se décolorant un sel jaune cristallin en aiguilles brillantes que M. Frémy appelle *sulfazilate de potasse.*

L'oxyde puce de plomb se comporte comme l'oxyde d'argent.

Sulfazilate de potasse. L'analyse de ce sel conduit à la formule :



$$S^4 AzH O^{12}, 2KO.$$

Il est fort peu stable et se décompose par la chaleur avec une sorte d'explosion. Ses cristaux s'altèrent spontanément, deviennent acides et perdent leur couleur jaune.

Métasulfazilate de potasse. En faisant réagir un excès d'oxyde d'argent ou d'oxyde puce de plomb sur le sulfazotate de potasse, et faisant bouillir la liqueur, elle se décolore et abandonne ensuite par concentration des cristaux très-blancs et assez volumineux. Ce sel a pour composition :

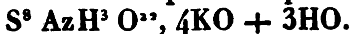


$$S^6 Az H^3 O^{20}, 3KO.$$

Il est plus stable que le précédent, mais l'acide qu'il contient ne peut pas non plus être isolé.

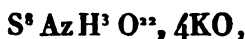
Sulfammonates. Quand on mêle ensemble des dissolutions d'azotite et de sulfite de potasse, le sulfammonate de potasse se précipite en aiguilles soyeuses. On l'obtient encore en faisant passer de l'acide sulfureux à travers de l'azotite de potasse étendu d'assez d'eau pour que le sulfazate et le sulfazotate basique de potasse restent en dissolution. Le sulfammonate de potasse qui se précipite en dernier lieu est à peine soluble dans l'eau. On le lave, on le comprime fortement, puis on le dessèche dans le vide.

Le sulfammonate de potasse a pour formule :



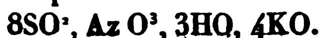
$$S^8 Az H^3 O^{22}, 4KO + 3HO.$$

Les 3 éq. d'eau peuvent être enlevés par exposition du sel à 140°. La formule du sel anhydre est donc :



$$S^8 Az H^3 O^{22}, 4KO,$$

que l'on peut représenter ainsi :



$$8SO^2, Az O^3, 3HO, 4KO.$$

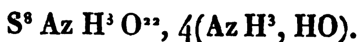
Le sulfammonate de potasse exige 50 p. d'eau à 23° pour se dissoudre. La dissolution n'est pas altérée par une température de 40 à 50°, mais à l'ébullition il se forme du bisulfate de potasse et un nouveau sel sulfazoté qui se décompose lui-même par une ébullition prolongée; il ne reste dans la liqueur que du sulfate acide de potasse et du sulfate d'ammoniaque; il se dégage en outre de l'acide sulfureux.

Les cristaux de sulfammonate de potasse se décomposent spontanément dans des flacons fermés. Ils deviennent acides.

L'acide sulfammonique se décompose presque aussitôt qu'il a été mis en liberté.

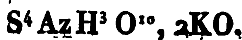
Avec les sels de baryte et de plomb, le sulfammonate de potasse donne des sels doubles très-peu stables.

Sulfammonate d'ammoniaque. Ce sel se prépare comme le sel correspondant de potasse. Ses cristaux sont peu solubles dans une liqueur alcaline. Leur formule est :



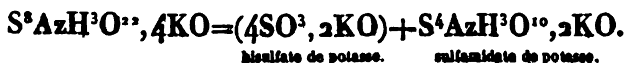
$$S^8 Az H^3 O^{22}, 4(Az H^3, HO).$$

Sulfamidates. La décomposition spontanée des sulfammonates de potasse par l'eau donne un nouveau sel très-peu soluble et du bisulfate de potasse qu'on enlève par des lavages. Il reste du *sulfamidate de potasse.*



$$S^4 Az H^3 O^{10}, 2KO.$$

La formule suivante indique comment il se produit :



$$S^8AzH^3O^{22},4KO=(4SO^3,2KO)+S^4AzH^3O^{10},2KO.$$

bisulfate de potasse. sulfamidate de potasse.

On peut le faire cristalliser plusieurs fois dans l'eau sans le décomposer. On ne peut pas en isoler l'acide sulfamidique sans que celui-ci se décompose. Une longue ébullition décompose le sulfamidate de potasse en acide sulfureux et sulfates de potasse et d'ammoniaque.

Le sulfammonate d'ammoniaque donne un sulfamidate dans les mêmes circonstances que le sel de potasse.

Action de l'acide sulfureux sur les autres azotites. L'azotite de soude ne paraît pas produire de sels sulfazotés. Avec les azotites de baryte, de strontiane et de chaux, il y a production de sels sulfazotés, mais ils sont peu stables et n'ont pas été isolés.

---

9. *Recherches sur la constitution des acides du* PHOSPHORE; par M. A. Wurtz (1). (Ann. de Ch., t. XVI, p. 190.)

M. Wurtz a analysé un grand nombre de combinaisons des acides hypophosphoreux et phosphoreux. Il en a déduit comme résultat général que ces deux acides renferment, au nombre de leurs éléments, une certaine quantité d'hydrogène qui n'est pas susceptible d'être remplacé par un

---

(1) Voir le premier mémoire de M. Wurtz, Ann. de Ch., t. VII, p. 35; et les observations de M. H. Rose, t. VIII, p. 364.

métal, ou si l'on veut que la constitution de ces acides est analogue à celle des acides organiques, et que ce sont des combinaisons triples de phosphore, d'hydrogène et d'oxygène qui se combinent aux oxydes métalliques.

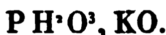
Hypophosphites. Ces sels ont été préparés généralement au moyen de sulfates solubles et de l'hypophosphite de baryte. Quant à ce dernier sel, M. Wurtz l'obtient en faisant bouillir du sulfure de baryum avec du phosphore jusqu'à ce que tout dégagement de gaz ait cessé. S'il reste un excès de sulfure, on l'en débarrasse en ajoutant de l'acide sulfurique à la liqueur, tant qu'il se dégage de l'hydrogène sulfuré. Si la liqueur devient acide on la neutralise avec du carbonate de baryte et l'on fait cristalliser l'hypophosphite.

Hypophosphite de potasse. Il cristallise en tables hexagonales. Ses cristaux sont déliquescents et solubles dans l'alcool faible. Ils ne perdent pas d'eau à 100°. Leur formule est :



$$PO, KO, 2HO,$$

que M. Wurtz écrit ainsi :



$$PH^2O^3, KO.$$

Hypophosphite d'ammoniaque. Il est moins déliquescent que le sel de potasse. Il est inaltérable à 100°, il fond à 200° et commence à se décomposer vers 240°. Sa formule est :



$$PO, AzH^3, HO, 2HO = PH^2O^3, AzH^4O.$$

Hypophosphite de strontiane. On le prépare comme l'hypophosphite de baryte. Ses cristaux ne perdent pas d'eau à 100°. Il a pour formule :



$$PO, SrO, 2HO = PH^2O^3, SrO.$$

Hypophosphite de magnésie. La formule est la même que celle trouvée par M. H. Rose :



$$PO, MgO, 8HO.$$

D'après M. Wurtz il perd 5 éq. d'eau à 100°, et 6 éq. si l'on chauffe à 180°.

Hypophosphite de zinc. Obtenu par évaporation spontanée, il est en cristaux très-efflorescents, mais on l'obtient quelquefois en cristaux inaltérables à l'air. La formule du sel efflorescent est :



$$PO, ZnO, 3HO = PH^2O^3, ZnO, HO.$$

A 100°, il perd 1 éq. d'eau.

Hypophosphite de fer. Il cristallise en gros octaèdres verts très-efflorescents. Le sel humide absorbe l'oxygène de l'air avec avidité. Le sel cristallisé a pour formule :



$$PO, FeO, 8HO.$$

Il perd 6 éq. d'eau à 100°.

Hypophosphite de chrôme. On obtient ce sel sous forme d'une masse amorphe d'un vert foncé, qui a pour formule :



$$2PO, Cr^2O^3 + 8HO = 2PH^2O^3, Cr^2O^3 + 4HO.$$

Hypophosphite de manganèse. Cristaux roses brillants, inaltérables à l'air. Leur forme est celle d'un scalénoèdre. Ils ne perdent pas d'eau à 100°. Leur formule est :



$$PO, MnO, 3HO = PH^2O^3, MnO, HO.$$

Vers 150° ils perdent 1 éq. d'eau.

Hypophosphite de cobalt. Il cristallise en octaèdres d'un rouge foncé, très-efflorescents. Il perd 6 éq. d'eau à 100°. La formule est :



$$PO, CoO, 8HO = PH^2O^3, CoO, 6HO.$$

Hypophosphite de nickel. Il a la même forme

et la même composition que le sel correspondant de cobalt. Quand on évapore à 100° la dissolution aqueuse, il se réduit en partie en nickel métallique avec dégagement d'hydrogène.

Hypophosphite de cuivre. Ce sel est peu stable. Il s'altère déjà à 60° avec formation d'hydrure de cuivre. Sa formule est :



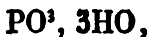
$$PO, CuO, 2HO = PH^2O^3, CuO.$$

Les tentatives faites par l'auteur pour préparer l'éther hypophosphoreux n'ont pas réussi.

M. Wurtz discute ensuite les objections qui ont été adressées par MM. Berzélius et H. Rose à sa manière d'envisager la constitution des hypophosphites. Le corps PO que l'on considère comme l'acide anhydre n'a pas été isolé et rien ne prouve qu'il existe dans les hypophosphites. Quant aux 2 éq. d'eau qui restent toujours dans le sel, on ne peut les considérer comme de l'eau basique puisque l'acide hypophosphoreux ne formant pas de sels doubles est essentiellement monobasique.

Acide phosphoreux et phosphites. Les phosphites sont loin de présenter à l'étude les mêmes facilités que les hypophosphites. La plupart d'entre eux sont insolubles; les autres ne cristallisent qu'avec difficulté. D'un autre côté, l'acide phosphoreux s'unit souvent à une même base en différentes proportions et ces combinaisons se mélangent entre elles.

L'acide phosphoreux cristallisé qu'on obtient au moyen du protochlorure de phosphore et de l'eau a pour formule :



$$PO^3, 3HO,$$

que M. Wurtz écrit ainsi :



$$PHO^4, 2HO.$$

Phosphites de potasse. Le phosphite neutre est déliquescent, incristallisable et retient encore 1 éq. d'eau à 280°.

Le phosphite acide qu'on obtient en ajoutant au phosphite neutre une quantité d'acide phosphoreux égale à celle qu'il contient déjà a une composition compliquée représentée par la formule :



$$3PO^3, 2KO, 7HO.$$

Phosphite neutre de soude. Sel déliquescent ne donnant pas de cristaux bien définis. Il a pour formule, d'après M. Wurtz :



$$PO^3, 2NaO, 11HO = PHO^4, 2NaO, 10HO.$$

Le phosphite acide de soude s'obtient comme le sel de potasse. Il a la même composition que le sel de potasse, à cela près qu'il contient 8 éq. d'eau au lieu de 7.

Phosphite d'ammoniaque. Cristallise assez bien dans une liqueur ammoniacale. Il se décompose par la dessiccation dans le vide et devient acide. Il contient :



$$PO^3, 2AzH^4O, 3HO = PHO^4, 2AzH^4O, 2HO.$$

Phosphite de baryte. Le sel neutre est un précipité grenu qu'on obtient par double décomposition. M. Wurtz a trouvé la même composition que M. H. Rose :



$$PO^3, 2BaO, 2HO = PHO^4, 2BaO + HO.$$

On peut préparer un phosphite acide en traitant l'acide phosphoreux par de la baryte et s'arrêtant quand il se forme un précipité permanent, puis évaporant la liqueur dans le vide. Les cristaux sont très-mal définis. Sa formule est :



$$PO^3, BaO, 3HO.$$

L'eau le décompose en sel plus basique et sel plus acide.

Phosphite acide de chaux. S'obtient par l'acide phosphoreux et le marbre, et l'évaporation dans le vide. Cristaux mal définis ayant une composition semblable à celle du phosphite acide de baryte.

Phosphite de cuivre. S'obtient par l'acide phosphoreux et l'acétate de cuivre. Il se forme un précipité grenu et cristallisé qui a pour formule :



$$PO^3, 2CuO, 5HO = PHO^4, 2CuO, 4HO.$$

Phosphite de plomb. Précipité blanc, lourd, qu'on obtient par double décomposition. La formule trouvée par M. Wurtz s'accorde avec celle de M. H. Rose :



$$PO^3, 2PbO, HO.$$

On obtient un phosphite tribasique en précipitant le sous-acétate de plomb par le phosphite d'ammoniaque.

Les phosphites n'existent pas à l'état anhydre, et ce fait qui résulte des analyses de M. H. Rose et de celles de M. Wurtz, paraît fournir, à ce dernier chimiste, la preuve que l'acide phosphoreux contenu dans les phosphites a pour formule PHO^4. L'existence de l'acide phosphoreux anhydre PO^3, dont les propriétés ont été étudiées par MM. Berzélius et Steinacher ne paraît pas à M. Wurtz suffisante pour infirmer la théorie qu'il présente sur la constitution des phosphites.

M. Wurtz termine son mémoire par la description de quelques nouvelles combinaisons organiques qu'il a préparées et dans lesquelles entre de l'acide phosphoreux. Ces combinaisons ont été obtenues par l'action du protochlorure de phosphore sur les alcools. Avec l'alcool du vin on obtient un

acide analogue à l'acide phosphovinique que M. Wurtz appelle acide éthérophosphoreux. Cet acide se combine avec les bases. Mais le sel de plomb est le seul que l'on puisse obtenir cristallisé un peu régulièrement. Sa composition est représentée ainsi par l'auteur :



$$PHO^4 \left\{ \begin{matrix} C^4H^5O \\ PbO. \end{matrix} \right.$$

Avec l'huile de pommes de terre, M. Wurtz a obtenu un éther neutre, l'éther amylophosphoreux, dont la densité à 15° = 0,967 et qui se décompose par la chaleur. Sa formule est, d'après M. Wurtz :



$$PHO^4, 2C^{10}H^{11}O.$$

L'huile de pommes de terre forme aussi un acide amylophosphoreux qui se produit en même temps que la combinaison neutre dans le traitement de l'huile par le protochlorure de phosphore.

---

10. *De l'action du* SOUFRE *sur la* POTASSE, *la* SOUDE *et leurs* CARBONATES; par MM. Fordos et Gélis. (Comptes rendus, t. XXIII, p. 211.)

On admet généralement que la réaction du soufre sur les alcalis et leurs carbonates donne des produits différents, suivant qu'on opère par la voie sèche ou par la voie humide. On considère le foie de soufre obtenu par voie sèche comme un mélange de polysulfure et de sulfate, et le foie de soufre préparé par voie humide comme formé d'hyposulfite et de polysulfure.

MM. Fordos et Gélis ont constaté qu'en chauffant du soufre avec des carbonates alcalins, l'acide carbonique était chassé entre 108 et 180° par le

carbonate de potasse, et vers 275° seulement par le carbonate de soude. La formule de la réaction est la suivante :



$$3KO + 12S = 2S^5K + S^2O^2KO.$$

Il ne se forme donc que de l'hyposulfite aux températures indiquées; mais au rouge, l'hyposulfite se décompose à son tour et fournit du sulfate.

En opérant par voie humide, c'est-à-dire en faisant bouillir du soufre avec les alcalis, il se dégage de l'hydrogène sulfuré, et la quantité d'hyposulfite S^2O^2KO est d'autant plus grande que l'ébullition a été prolongée plus longtemps. Il paraît certain que le persulfure de potassium décompose l'eau et qu'il en résulte de l'acide sulfhydrique et de l'acide hyposulfureux. Le sulfhydrate ou sulfure de potassium est décomposé à son tour par l'excès de soufre, sous l'influence d'une ébullition prolongée.

---

11. *Sur la préparation de l'*ACIDE CHLORIQUE; par M. Boettger. (Ann. der Chem. und Pharm., t. LVII, p. 128.)

La préparation de l'acide chlorique au moyen de l'acide hydrofluosilicique présente des inconvénients nombreux. M. Boettger remplace ce procédé par le suivant : il dissout dans l'eau bouillante 7 p. de carbonate de soude cristallisé et 7 1/2 p. d'acide tartrique; puis il ajoute à cette dissolution bouillie une solution chaude de 6 p. de chlorate de potasse dans 16 p. d'eau. Une grande quantité de bitartrate de potasse se dépose par le refroidissement de la liqueur. On filtre et on ajoute

au liquide filtré une solution saturée d'acide oxalique (6 p. d'acide et 18 p. d'eau) chauffée au plus à 50° ; le tout est soumis à un mélange réfrigérant composé de sulfate de soude cristallisé et d'acide muriatique. De cette manière l'oxalate de soude se dissout : l'acide chlorique qui reste n'est pas encore tout à fait pur ; il faut, pour l'avoir dans cet état, saturer la liqueur par le carbonate de baryte, faire cristalliser le chlorate et le décomposer par l'acide sulfurique.

---

12. *De la densité de la* SILICE *dans ses divers états*; par M. le comte Schaffgotsch. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 147.)

Cinq déterminations de densité de cristaux de quartz hyalin, tels que la nature les présente ou préalablement calcinés, et une détermination faite sur du sable quartzeux pulvérisé, ont donné des nombres variant de 2,647 à 2,661, la moyenne étant de 2,653.

Neuf déterminations de densité de silice préparée par voie humide, soit au moyen de diverses zéolites, soit avec différentes variétés de quartz, puis calciné, ont donné des nombres variant entre 2,19 et 2,23, la moyenne des neuf essais étant de 2,20.

Enfin vingt-six déterminations de densité de silice, soit à l'état de tuf siliceux, comme le quartz nectique de la geyserite ; soit à l'état opalin, comme le cacholong et l'hyalithe, ont offert ce singulier résultat, qu'une calcination suffisante pour chasser la faible quantité d'eau qu'ils ren-

ferment a produit une diminution de densité notable, et qu'ensuite, en prolongeant la calcination et en élevant la température à laquelle elle était opérée jusqu'à celle que peut produire un fourneau à vent, la densité s'élevait progressivement jusqu'à atteindre à peu près celle 2,20 de la silice préparée par voie humide.

---

13. *Sur de nouvelles combinaisons de l'*ACIDE BORIQUE *avec les* ÉTHERS, *et sur l'*ÉTHER SULFUREUX; par MM. Ebelmen et Bouquet. (Ann. de Chim., t. XVII, p. 54.)

L'un de nous a fait connaître récemment l'existence de combinaisons de l'acide borique avec les éthers. Ces combinaisons obtenues par l'action directe de l'acide borique anhydre sur les alcools renferment six fois plus d'oxygène dans l'acide que dans la base, et correspondent par conséquent au borax privé de toute son eau par la fusion.

L'action du chlorure de bore sur les alcools a permis de préparer des combinaisons éthérées dans lesquelles l'oxygène de l'acide est égal à celui de la base, et qui correspondent par conséquent aux éthers siliciques obtenus par la réaction du chlorure de silicium sur l'alcool absolu.

Nous avons obtenu le chlorure de bore par l'action d'un courant de chlore sur un mélange d'acide borique et de charbon, le gaz passant ensuite dans l'alcool qui absorbait le chlorure de bore.

Protoborate éthylique. Quand on a fait passer le chlorure de bore pendant un certain temps à travers l'alcool absolu, le liquide se sépare en

deux couches : la couche supérieure contient le produit éthéré qu'on obtient très-pur par deux rectifications.

Cet éther est limpide, incolore; sa densité à 0° = 0,885. Il se dissout dans l'eau, qui dépose bientôt de l'acide borique. Il brûle avec une flamme verte sans résidu. Son point d'ébullition est à 119°. Sa densité de vapeur est de 5,14, et sa composition est représentée par la formule



$$BO^3, 3C^4H^5O,$$

qui représente 4 vol. de vapeur.

Protoborate méthylique. L'esprit de bois donne, avec le chlorure de bore, des réactions semblables à celles de l'alcool du vin. On obtient un borate méthylique qui est un liquide incolore, dont la densité = 0,955, et qui bout à 72°. Sa densité de vapeur est de 3,66. Sa formule



$$BO^3, 3C^2H^3O$$

représente 4 vol. de vapeur.

Avec l'huile de pommes de terre et le chlorure de bore on obtient aussi un borate amylique :



$$BO^3, 3C^{10}H^{11}O = 4 \text{volumes}.$$

C'est un liquide incolore, densité = 0,870, qui bout vers 270°.

On voit donc que l'acide borique peut former avec chaque éther au moins deux combinaisons qui correspondent, l'une au borax anhydre $2BO^3, NaO$, l'autre à l'acide borique cristallisé $BO^3, 3HO$.

Il est facile de voir que le chlorure de bore a produit un volume d'éther égal au sien. En effet,

la molécule BCl^3, qui représente 4 volumes, donne lieu à un équivalent d'éther tribasique $BO^3, 3C^4H^5O$, comme le montre la formule



$$BCl^3 + 3C^4H^6O^2 = BO^3, 3C^4H^5O + 3HCl.$$

Le chlorure de silicium donne avec l'alcool la même réaction que le chlorure de bore :



$$SiCl + C^4H^6O^2 = SiO, C^4H^5O + HCl.$$

Un volume de chlorure de silicium SiCl a produit aussi un volume égal au sien d'éther silicique. Ainsi la différence qui existe dans le mode de condensation des éléments des chlorures de bore et de silicium se retrouve dans les éthers borique et silicique.

Des divers degrés d'hydratation de l'acide borique. L'acide borique cristallisé, $BO^3, 3HO$, soumis à l'action d'une température de 150 à 160°, perd les 5/6 de son eau et donne un produit d'apparence vitreuse, qui est un hydrate correspondant au borax anhydre et à l'éther borique $2BO^3, C^4H^5O$. Ce nouvel hydrate n'est pas volatil à la température de 160°, tandis que l'hydrate $BO^3, 3HO$ est entraîné en quantité très-notable par la vapeur d'eau, qui se dégage de 100 à 150°. Cette circonstance prouve clairement que l'eau contenue dans l'acide borique cristallisé est de l'eau basique et non pas de l'eau de cristallisation.

Éther sulfureux. On obtient ce produit par la réaction du chlorure de soufre sur l'alcool absolu. On verse l'alcool sur le chlorure tant qu'il y a dégagement d'acide chlorhydrique, on distille, et l'on met à part le produit qui passe entre 150° et 170°. On rectifie celui-ci et l'on arrive à obtenir un produit dont le point d'ébullition final est de 160°.

L'éther sulfureux a pour densité à 0°, 1,106. L'eau ne le dissout pas et ne l'altère que très-lentement, en prenant l'odeur de l'acide sulfureux. L'éther sulfureux a une saveur fraîche et une odeur assez agréable : il ne brûle au contact d'un corps en combustion qu'autant qu'il a été préalablement échauffé.

Sa densité de vapeur a été trouvée par expérience de 4,78.

Sa formule est SO^2, C^4H^5O, qui représente 2 vol. de vapeur.

---

14. *Sur la détermination du pouvoir calorifique des* COMBUSTIBLES ; par M. Forchhammer. (Journal fur prackt. Chem., t. XXVII, p. 316.)

M. Forchhammer substitue à la litharge qu'on emploie dans le procédé de M. Berthier, pour la détermination du pouvoir calorifique des combustibles, un mélange fondu de 3 parties de litharge avec 1 p. de chlorure de plomb. Il place le mélange de combustible avec l'oxychlorure de plomb dans un creuset de porcelaine placé lui-même dans un creuset de terre, et chauffe le tout jusqu'à fusion de la masse.

Cette modification au procédé de M. Berthier le rendrait beaucoup plus dispendieux et nous ne pensons pas qu'elle doive être adoptée.

---

15. *Sur la décomposition des* SELS NEUTRES *de potasse et de soude par le contact simultané du fer et de la fonte, de l'eau et de l'air*; par M. Becquerel. (Institut, n° 652, p. 221.)

En plongeant à moitié des morceaux de fer et de

fonte dans une solution de sulfate de soude, on eut, au bout d'un certain temps, du sous-carbonate de soude qui vint cristalliser sur la partie du morceau de fer qui se trouve hors du liquide. Si le morceau de fonte est recouvert d'une plaque de cuivre qui vient affleurer la surface du liquide, c'est sur le cuivre que le sous-carbonate de soude se dépose. Le fer passe à l'état de sulfate. M. Becquerel pense que ce procédé peut servir à extraire les alcalis des eaux de la mer.

---

16. *Recherches sur quelques* SELS DOUBLES *formés par les oxydes du groupe magnésien;* par M. Isidore Pierre, aide au laboratoire de l'École des mines. (Ann. de Ch. et de Phys., t. XVI, p. 239.)

On sait depuis très-longtemps que les sels doubles de cette classe jouent un rôle très-important dans l'analyse chimique par les perturbations qu'ils introduisent souvent dans l'action ordinaire des réactifs; cependant quelques-uns d'entre eux sont encore très-peu connus. La préparation de ces composés se fait, en général, avec la plus grande facilité, en mélangeant ensemble des dissolutions équivalentes des deux sels que l'on veut combiner.

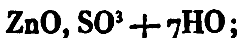
Presque tous se font remarquer par leurs belles formes cristallines.

J'ai choisi de préférence, pour premier objet d'études, les sulfates doubles et les chlorures doubles, parce qu'ils sont les plus faciles à analyser et qu'ils sont, par conséquent, les plus propres à mettre en évidence les relations d'analogie, les

rapports caractéristiques de composition qui peuvent exister entre les divers groupes de composés analogues formés par ces différents oxydes. L'étude des sulfates surtout offrait un intérêt tout particulier en ce qu'elle devait me permettre de vérifier ou d'infirmer les conclusions de M. Graham, relativement à ce qu'il a désigné sous le nom d'*eau saline*.

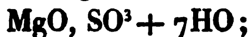
Ce chimiste, comme on sait, avait cru remarquer : 1° que dans les sulfates de zinc, de magnésie, de fer, de manganèse, de cuivre, de nickel et de cobalt, l'un des équivalents d'eau ne peut être éliminé qu'à une température beaucoup plus élevée que celle qui est nécessaire pour chasser les autres ; 2° que cet équivalent d'eau peut être remplacé par un équivalent d'un autre sulfate, de manière que le sel double formé contient un équivalent d'eau de moins que si chacun des deux sulfates simples eût apporté toute son eau de cristallisation dans la molécule du sel double qui résulte de leur combinaison. Les résultats que j'ai obtenus ne s'accordent pas en général avec les vues du savant chimiste anglais.

L'analyse m'a conduit, pour le sulfate de zinc cristallisé au-dessous de 15°, à la formule généralement admise :



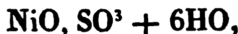
$$ZnO, SO^3 + 7HO;$$

pour le sulfate de magnésie, à la formule :



$$MgO, SO^3 + 7HO;$$

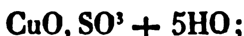
pour le sulfate de nickel cristallisé au-dessus de 15° j'ai trouvé :



$$NiO, SO^3 + 6HO,$$

formule qui diffère par un équivalent de celle que l'on admet d'après M. Mitscherlich ;

pour le sulfate de cuivre cristallisé à la température ordinaire :



$$CuO, SO^3 + 5HO;$$

M. Graham avait annoncé que l'un des équivalents d'eau de ces composés ne peut être éliminé qu'à une température de plus de 204° centigrades; j'ai pu cependant leur enlever toute leur eau en les soumettant à une température d'environ 110° dans un courant d'air suffisamment prolongé; ce courant durait quelquefois 15 ou 18 heures consécutives.

M. Graham avait trouvé pour la composition du sulfate double de zinc et de potasse :



$$KO, SO^3 + ZnO, SO^3 + 6HO,$$

et pour celle du sulfate double de cuivre et de potasse :



$$KO, SO^3 + CuO, SO^3 + 6HO.$$

J'ai trouvé, au contraire, que les sulfates de zinc, de nickel et de cuivre, en se combinant soit entre eux, soit avec des sulfates alcalins, conservent toute leur eau.

Ainsi, l'analyse m'a donné pour la composition du sulfate double de zinc et de potasse :



$$KO, SO^3 + ZnO, SO^3 + 7HO;$$

pour celle du sulfate de zinc et d'ammoniaque :



$$AzH^4O, SO^3 + ZnO, SO^3 + 7HO;$$

pour celle du sulfate double de zinc et de magnésie cristallisé à la température ordinaire :



$$MgO, SO^3 + ZnO, SO^3 + 14HO;$$

pour celle du sulfate double de nickel et de zinc :



$$ZnO, SO^3 + NiO, SO^3 + 13HO;$$

pour celle du sulfate double de nickel et de potasse :



$$KO, SO^3 + CuO, SO^3 + 7HO.$$

Il est probable que cette propriété subsiste encore entre les sels qui peuvent cristalliser avec des quantités d'eau différentes, suivant la température à laquelle leur cristallisation a lieu ; du moins j'ai trouvé que les sulfates de zinc et de magnésie qui, comme on le sait, peuvent cristalliser chacun avec 5 équivalents d'eau à une température de 30° ou 40°, peuvent se combiner avec leurs 5 équivalents d'eau à cette température et donner le sel :



$$MgO, SO^3 + ZnO, SO^3 + 10HO.$$

Enfin j'ai trouvé pour la formule du sulfate double de manganèse et de potasse :



$$MnO, SO^3 + KO, SO^3 + 4HO ;$$

pour celle du chlorure double de zinc et de potassium :



$$KCl, ZnCl ;$$

pour celle du chlorure double d'ammonium et de zinc :



$$AzH^4Cl, ZnCl ;$$

c'est-à-dire que les chlorures de potassium et d'ammonium peuvent former des sels doubles anhydres en se combinant *par voie humide* avec le chlorure de zinc.

Les analyses qui font l'objet de ce mémoire sont encore trop peu nombreuses pour qu'on en puisse déduire avec une entière certitude la loi de composition des sels doubles qu'elles semblent mettre en évidence.

De nombreuses exceptions se présenteront sans doute d'abord ; mais la différence de composition que l'on observe dans un grand nombre de sels de

cette classe, suivant la température à laquelle ils ont cristallisé, nous porte à croire qu'un examen plus attentif de l'influence de la température de cristallisation fera disparaître une partie de ces exceptions, et permettra d'expliquer la plupart des différences qu'on observe dans les résultats obtenus par les divers chimistes qui ont étudié les sels qui nous occupent aujourd'hui.

---

17. *Faits pour servir à l'histoire des* NITRATES *et des* NITRITES; par M. Gerhardt. (Ann. de Ch., t. XVIII, p. 178.)

L'auteur conclut de ses expériences :

1° Que la composition assignée par M. Graham au sous-nitrate de cuivre n'est pas exacte, mais doit se représenter par :



$$AzO^5, 4CuO, 3HO.$$

2° Que le nombre des sous-nitrates de plomb n'est pas aussi grand qu'on l'admet et qu'il n'existe que deux sous-nitrates bien déterminés et cristallisables :



$$AzO^5, 2PbO, HO \text{ et } AzO^5, 4PbO, 3HO.$$

On obtient le premier en faisant bouillir le nitrate neutre avec de la litharge et laissant refroidir la liqueur bouillante. On obtient le nitrate quadribasique en précipitant le nitrate neutre par un excès d'ammoniaque, puis lavant le précipité à l'eau bouillante pour dissoudre le nitrate bibasique que l'ammoniaque précipite en même temps. Le nitrate quadribasique est insoluble et reste comme résidu.

---

18. *Note sur l'*ARSÉNIATE D'AMMONIAQUE *et de* MAGNÉSIE, *correspondant au* PHOSPHATE *des mêmes bases*; par M. Levol. (Ann. de Ch., t. XVII, p. 501.)

On sait que le précipité obtenu en versant un phosphate soluble dans une solution ammoniacale d'un sel de magnésie est un phosphate tribasique dont la formule est :



$$PO^5, 2MgO, AzH^4O + 9HO.$$

M. Levol a constaté que l'acide arsénique donnait, dans les mêmes circonstances, un arséniate ammoniaco-magnésien, tout à fait insoluble dans l'eau ammoniacale et dont la composition est entièrement semblable à celle du phosphate. Par la calcination il laisse un sel AsO^5, 2MgO.

M. Levol pense qu'on peut utiliser la production de ce sel dans quelques cas d'analyse, notamment dans la séparation des acides arsénique et arsénieux. Il conseille de plus l'emploi des sels ammoniaco-magnésiens solubles comme antidote de l'acide arsénique.

---

19. *Sur une nouvelle méthode pour doser l'*ARSENIC *dans les métaux et leurs alliages*; par M. A. Levol. (Ann. de Ch., t. XVI, p. 493.)

La méthode décrite par M. Levol est fondée sur ce fait que le bioxyde d'étain se précipitant d'une liqueur qui contient de l'arsenic à l'état d'acide arsénieux ou d'acide arsénique s'en empare en totalité, pourvu que la proportion d'étain en présence soit suffisante. Avec 20 p. d'étain pour 1 d'arsenic, il

ne reste pas de trace d'arsenic dans la liqueur acide.

Pour séparer l'arsenic de sa dissolution, M. Levol ajoute l'étain dissous dans l'acide nitrique faible et froid, c'est-à-dire à l'état de nitrate de protoxyde. Par la concentration de la liqueur l'étain passe à l'état de bioxyde et se précipite entraînant avec lui tout l'acide arsénique.

Pour séparer l'arsenic de l'étain, M. Levol réduit l'oxyde d'étain arsénifère desséché par un courant d'hydrogène purifié par le nitrate d'argent. La réduction se fait à une basse température, et l'arsenic vient former un anneau miroitant dans l'intérieur du tube de réduction. L'étain réduit contient encore de l'arsenic. On le dissout dans l'acide chlorhydrique en faisant passer le gaz à travers du nitrate d'argent qui retient la totalité de l'arsenic, entraîné à l'état d'hydrogène arsénié. Il reste un peu d'hydrure d'arsenic dans la liqueur chlorhydrique.

Pour doser l'arsenic, on commence par dissoudre l'arsenic contenu dans le tube de réduction au moyen de l'acide nitrique. D'un autre côté, on précipite la dissolution de nitrate d'argent par l'acide chlorhydrique et on réunit la liqueur filtrée à celle qui renferme l'arsenic provenant du tube de réduction. Quant à l'hydrure d'arsenic restant après la dissolution de l'étain, on le lave et on le dissout dans l'acide nitrique sur le filtre même. M. Levol précipite ensuite les liqueurs par l'hydrogène sulfuré. Il admet que le sulfure précipité correspond à l'acide arsénieux et conclut de là le poids de l'arsenic.

Observations. La méthode qui vient d'être décrite est compliquée; en outre, si l'on dose l'arsenic

d'après le poids du sulfure précipité par l'hydrogène sulfuré dans une liqueur nitrique, l'arsenic s'y trouvant en totalité ou en partie à l'état d'acide arsénique, il se précipitera du sulfide arsénique qui sera mêlé avec le soufre provenant de l'action de la liqueur nitrique sur l'hydrogène sulfuré. On ne peut donc pas se dispenser d'analyser le sulfure d'arsenic, à moins qu'on ne fasse bouillir préalablement la liqueur arsénieuse avec un excès d'acide sulfureux, auquel cas l'hydrogène sulfuré précipitera tout l'arsenic à l'état d'orpiment AsS^3.

---

20. *Séparation de la* SOUDE *et de la* LITHINE; par M. Rammelsberg. (Ann. de Pögg., t. LXVI, p. 85.)

Ce procédé de séparation est fondé sur la solubilité de chlorure de lithium, même après calcination, dans un mélange à parties égales d'éther et d'alcool absolu, et sur l'insolubilité du chlorure de sodium dans le même mélange.

---

21. *Sur la solubilité de l'*ALUMINE *dans l'eau ammoniacale*; par MM. Malaguti et Durocher. (Ann. de Ch., t. XVII, p. 621.)

On admet généralement que l'alumine n'est pas complétement précipitée de ses dissolutions par l'ammoniaque, quand on emploie un excès de ce réactif. MM. Malaguti et Durocher ont étudié de plus près les circonstances de cette précipitation. Ils ont reconnu :

1° Que si l'on emploie l'ammoniaque pour précipiter l'alumine en l'absence des sels ammonia-

caux, il peut en rester une proportion considérable en dissolution;

2° Que la quantité des sels ammoniacaux nécessaires pour donner lieu à une précipitation complète, doit être d'autant plus forte que le volume de la dissolution et celui de l'ammoniaque sont plus grands;

3° Que même, en l'absence des sels ammoniacaux, l'alumine peut être entièrement précipitée de ses dissolutions, quels qu'en soient le volume et la quantité d'ammoniaque qu'elles renferment, mais à la condition de laisser s'écouler un temps suffisant entre l'addition de l'ammoniaque et la filtration, le liquide étant à l'abri du contact de l'air;

4° Que le meilleur réactif pour précipiter complétement et instantanément l'alumine, sans qu'il soit besoin de la présence des sels ammoniacaux, est le sulfure d'ammonium.

---

22. *Séparation de l'*ACIDE PHOSPHORIQUE *de l'*ALUMINE; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVI, p. 406.)

Le phosphate d'alumine ayant été dissous dans l'acide sulfurique, on étend la liqueur de son volume d'eau, on y ajoute un léger excès de sulfate de potasse, puis un grand excès d'alcool, au moins à 80°, et on laisse reposer quelques heures. Par la filtration, on sépare de l'alun et du sulfate de potasse que l'on redissout dans l'eau et dont on précipite l'alumine par l'ammoniaque. On étend d'eau la liqueur alcoolique, on l'évapore en partie pour chasser l'alcool, on neutralise avec de l'ammo-

niaque, ce qui donne encore un précipité de quelques milligrammes de phosphate d'alumine, on filtre et on précipite l'acide phosphorique par le chlorure de calcium ou mieux le sulfate de magnésie. Dans le premier cas, le précipité renferme un peu de sulfate de chaux, on le redissout dans l'acide chlorhydrique, on précipite le sulfate de chaux par l'addition d'un peu d'alcool, on filtre et on précipite le phosphate de chaux par l'ammoniaque.

---

23. *Recherches sur quelques composés du* TITANE; par M. Ebelmen. (Instit., juillet 1846.)

On sait que le titane peut former avec l'oxygène des composés contenant moins de ce dernier corps que l'acide titanique. Fortement chauffé dans un creuset brasqué, l'acide titanique se réduit en partie et devient noir en perdant au plus 5 à 6 p. o/o de son poids. Jusqu'ici on n'est pas parvenu à produire cet oxyde noir dans un état de composition constant. Toutefois, M. H. Rose a été conduit à admettre dans certains fers titanés, l'existence d'un sesquioxyde de titane isomorphe dans le peroxyde de fer. Les expériences que j'ai faites démontrent clairement l'existence d'une série de composés du titane correspondant au groupement moléculaire du sesquioxyde.

Sesquichlorure de titane. En faisant passer à travers un tube chauffé au rouge de l'hydrogène saturé de la vapeur du chlorure de titane $TiCl^2$, on obtient un produit cristallisé en belles écailles d'un violet foncé qui se condensent dans la partie refroidie du tube de réduction. Ce nouveau chlo-

rure est volatil, mais beaucoup moins que le chlorure liquide. Il est déliquescent et soluble dans l'eau avec dégagement de chaleur. Le grillage le change en acide titanique et en chloride $TiCl^2$. Son analyse a conduit exactement à la formule Ti^2Cl^3, qui donne :

Titane...	606	31,3
Chlore...	1328	68,7
Ti^2Cl^3...	1934	100,0

La dissolution du sesquichlorure de titane est d'un rouge-violacé. C'est un réductif des plus énergiques. Elle précipite l'or, l'argent et le mercure, de leurs dissolutions, à l'état métallique. Les sels bleus de cuivre, les sels de peroxyde de fer sont ramenés au minimum d'oxydation. Elle réduit l'acide sulfureux liquide et en précipite du soufre. Le chlorure de chrôme violet se dissout rapidement dans une liqueur qui contient un peu de sesquichlorure de titane.

L'ammoniaque donne dans la dissolution du sesquichlorure un précipité brun foncé qui est l'hydrate de sesquioxyde. Abandonné à lui-même, ce précipité devient noir, puis bleu, et finit par se changer en acide titanique parfaitement blanc. Le volume de l'hydrogène qui se dégage correspond exactement à la composition du sesquichlorure.

Les alcalis fixes et les sulfhydrates donnent des précipités de même couleur que l'ammoniaque et qui deviennent blancs en dégageant de l'hydrogène.

Les caractères qui précèdent appartiennent aux sels de sesquioxyde de titane. On peut préparer le sulfate par la décomposition du sesquichlorure au moyen de l'acide sulfurique, mais le produit

cristallise difficilement et d'une manière peu nette.

Dans la préparation du sesquichlorure, on trouve à l'intérieur du tube de réduction, du titane métallique d'un beau jaune de laiton. La couche de métal est peu épaisse. Si l'on s'est servi d'un tube de verre, on peut observer que le verre recouvert d'un enduit très-mince de titane métallique laisse passer la lumière bleue. On sait que l'or, dans les mêmes circonstances, laisse passer la lumière verte.

Sesquioxyde de titane. On avait admis jusqu'à présent que l'acide titanique était irréductible par l'hydrogène. J'ai constaté que dans l'hydrogène parfaitement sec et dépouillé d'air, et à une température très-élevée, l'acide titanique devenait d'un noir foncé et que la perte de poids se rapprochait de celle qui correspondait à la formation du sesquioxyde. Cet oxyde noir ne redevient blanc que très-difficilement par le grillage. Il est attaqué par l'acide sulfurique concentré.

Bisulfure de titane. On sait qu'on obtient ordinairement ce produit en réduisant l'acide titanique par le sulfure de carbone. Préparé ainsi, il est en poudre d'un vert-olive; son éclat et sa composition n'offrent rien de constant. En faisant passer à travers un tube rougi de l'hydrogène sulfuré, saturé de vapeur de chlorure de titane, il se dégage de l'acide chlorhydrique et l'intérieur du tube se couvre d'écailles ayant l'éclat métallique et une belle couleur jaune de laiton. Ce produit TiS^2 correspond exactement à l'or musif SnS^2 par sa composition et ses propriétés physiques.

On peut du reste préparer d'autres sulfures par le procédé qui vient d'être indiqué. Le bichlorure

d'étain, traité de la même manière par l'hydrogène sulfuré, fournit de l'or musif de la plus grande beauté.

---

24. *Recherches sur le* TITANE, *le* TANTALE, *le* NIOBIUM *et un nouveau métal, l'*ILMÉNIUM; par M. Hermann. (Journ. für prackt. Chem., t. XXXVIII, p. 91.)

La découverte du niobium dans les tantalites de Bavière par M. H. Rose a déterminé M. Hermann à reprendre l'examen de plusieurs minéraux de Sibérie : le pyrochlore, l'œschynite, l'yttérotantalite et la columbite, dans lesquels on admettait l'existence de l'acide tantalique.

Les résultats de ces recherches ont montré que l'œschynite ne contient pas d'acide tantalique, mais de l'acide niobique; l'yttérotantalite de Sibérie ne renferme pas non plus d'acide tantalique; M. Hermann y a trouvé l'acide d'un nouveau métal ayant beaucoup d'analogie avec le tantale, et auquel il a donné le nom d'*ilménium*. Le pyrochlore et la columbite ne paraissent être que des mélanges d'acides niobique, tantalique et ilménique; mais, jusqu'à présent, on ne possède aucun moyen analytique pour séparer ces deux derniers acides.

M. Hermann fournit, dans son mémoire, les documents suivants sur les combinaisons du titane, du tantale, du niobium et de l'ilménium.

Titane et ses combinaisons.

Les acides titanique et niobique ont tant de propriétés semblables qu'il est facile de les con-

fondre. Voici les caractères les plus saillants du titane :

1° L'action de l'eau chaude sur le sulfate double de titane et de potasse ;

2° L'insolubilité de l'acide titanique dans l'hydrate de soude ;

3° La coloration produite par le zinc dans une dissolution de chlorure titanique ;

4° Les propriétés du chloride titanique ;

5° La quantité d'acide carbonique dégagée pendant la calcination de l'acide titanique avec un excès de carbonate de soude.

Sulfate double de titane et de potasse. En calcinant l'acide titanique avec six fois son poids de bisulfate de potasse, on obtient une masse d'un jaune foncé, soluble dans une faible proportion d'eau bouillante. Par le refroidissement, le liquide d'abord limpide se trouble et laisse déposer un corps blanc ; l'addition de l'eau froide augmente le trouble ; mais, en chauffant la liqueur, le dépôt se redissout et la dissolution devient entièrement limpide. Les acides tantalique, niobique et ilménique, fondus avec le bisulfate de potasse, donnent une masse insoluble dans l'eau chaude. M. Hermann ayant constaté que le rutile, l'ilménite, la pérowskite et la polymignite donnent des solutions entièrement limpides, ces minéraux ne renferment pas d'acides tantalique, niobique ou ilménique.

Quand on dissout l'acide titanique dans un excès d'acide sulfurique, le sulfate de titane obtenu après évaporation de l'acide libre se dissout sans résidu dans une petite quantité d'eau ; si l'on étend d'eau cette solution et qu'on la porte à l'ébullition, l'acide titanique se sépare alors sous

forme de flocons blancs, et reste combiné avec une petite quantité d'acide sulfurique. On obtient un précipité semblable en faisant bouillir une solution acide de chlorure de titane avec le sulfate neutre de potasse. Ces propriétés du sulfate de titane peuvent servir à séparer l'acide titanique de la zircone.

Titanate de soude. Calciné fortement avec un excès de carbonate de soude, l'acide titanique entre facilement en fusion. La masse refroidie présente une cassure cristalline. D'après M. H. Rose, 100 p. d'acide titanique déplacent alors de 46,18 à 50,96 p. d'acide carbonique; on obtient ainsi le titanate $\ddot{Ti}\dot{Na}$; cette formule exige un dégagement de 55 p. d'acide carbonique pour 100 d'acide titanique; il paraîtrait donc que l'acide titanique n'entre pas complétement en combinaison. Les acides tantalifères déplacent tout au plus 19 p. 100 d'acide carbonique dans les mêmes circonstances.

Le titanate de soude pulvérisé et traité par l'eau bouillante se décompose en hydrate de soude qui ne dissout point la moindre trace d'acide titanique, et en titanate acide qui se dépose à l'état de poudre blanche. Les acides tantalifères calcinés avec le carbonate de soude donnent des combinaisons que l'eau décompose en sel acide insoluble et en sel basique soluble.

Chlorure de titane et zinc. Une lame de zinc plongée dans une solution chlorhydrique de titane produit peu à peu une belle couleur améthyste, qui devient si foncée, par l'action prolongée du zinc, qu'elle devient noire. L'acide niobique produit seul un effet semblable. Une solution chlorhydrique d'acide niobique, mise en contact

avec du zinc, devient d'abord d'un bleu pur qui passe au brun après un contact prolongé.

Le *chloride titanique* est un liquide limpide, tandis que les chlorides niobique, tantalique et ilménique forment des masses compactes ou des sublimés cristallins.

Tantale et ses combinaisons.

M. Hermann a préparé l'acide tantalique en traitant le tantalite de Kimito, en Finlande, par la méthode indiquée par Berzélius.

L'isomorphisme de la columbite et du wolfram, le remplacement fréquent des acides tantalique, niobique et ilménique, par l'acide titanique, l'acide stannique et l'oxyde de tungstène, forment une série de faits qui ont déterminé M. Hermann à représenter avec M. Rose l'acide tantalique par la formule $\ddot{T}a$, l'équivalent du tantale étant de 1531,15.

En calcinant fortement un mélange de parties égales d'acide tantalique et de carbonate de soude sec, il se dégage en moyenne 14,975 d'acide carbonique pour 100 d'acide tantalique.

L'*acide tantalique* obtenu par la calcination du sulfate de tantale se présente en masses blanches, à cassure terreuse, se réduisant facilement en poudre. Il est infusible, sans odeur ni saveur; sa densité = 6,78. Pendant la calcination il reste blanc.

En précipitant par l'acide chlorhydrique le tantalate de potasse ou de soude, on obtient un hydrate blanc, volumineux et diaphane, qui renferme 2 équivalents d'eau.

En soumettant l'acide tantalique chauffé au

rouge-blanc à un courant de vapeur d'alcool sulfuré, on obtient une masse grise semblable au graphite, qui est le *sulfure de tantale*, TaS^2. L'hydrate et le sulfate basique de tantale sont solubles dans l'acide sulfurique. L'eau précipite de cette solution des flocons blancs d'un sel basique qui s'obtient également en faisant fondre l'acide tantalique avec six fois son poids de bisulfate de potasse. La masse lavée et desséchée à 100° est blanche, terreuse, insoluble dans l'eau et les acides étendus. Ce *sulfate basique de tantale* se représente par la formule $\dddot{S}^2\ddot{T}^3$, et il ne perd que difficilement tout son acide sulfurique par la calcination.

On obtient le *chloride de tantale* en traitant par le chlore sec un mélange d'acide tantalique et de charbon chauffé au rouge dans un tube de porcelaine. Le chloride se dépose dans les parties froides du tube sous forme de prismes jaunâtres. Au contact de l'air humide, le chloride de tantale dégage des vapeurs d'acide chlorhydrique en devenant blanc et opaque. Jeté dans l'eau, il se décompose, avec frémissement et un fort dégagement de chaleur, en acides chlorhydrique et tantalique hydraté. L'analyse de ce sel n'a pas donné de résultats concordants.

Le *tantalate de soude* préparé en calcinant fortement un mélange de parties égales d'acide tantalique et de carbonate de soude sec constitue une masse compacte de couleur grise, à cassure terreuse. Ce tantalate, traité par l'eau bouillante, se décompose en tantalate acide, sous forme d'une poudre blanche, pendant qu'un tantalate basique reste en dissolution.

L'acide chlorhydrique en excès ne précipite que très-incomplétement l'acide tantalique d'une solution de tantalate de soude. L'acide tantalique hydraté paraît former avec l'eau de baryte un mélange de deux sels : l'un renfermant 26,89, l'autre 45,20 p. 100 de baryte.

Une solution chlorhydrique de tantalate de soude donne un précipité orangé clair, par la noix de galle et le prussiate jaune.

Quand on plonge une lame de zinc dans une solution chlorhydrique d'hydrate d'acide tantalique, la liqueur ne change pas de couleur; après une action prolongée, l'acide tantalique se précipite en flocons blancs.

Au chalumeau, l'acide tantalique fondu avec le borax ou avec le sel de phosphore donne dans les flammes extérieure et intérieure des verres incolores qui, par saturation complète, se troublent facilement en blanc.

Les *tantalites* de *Tamela* et de *Kimito* sont des tantalates acides de fer et de manganèse représentés par la formule $(\dot{Fe}, \dot{Mn})^2 \ddot{Ta}^3$. La *columbite* paraît être un tantalate neutre de fer et de manganèse. Une partie de l'acide tantalique est ordinairement remplacée par les acides niobique et ilménique, comme l'indique la formule suivante : $(\dot{Fe}, \dot{Mn}) [\ddot{Ta}, \ddot{Il}, 2\ddot{Nb}(?)]$.

Les caractères de l'acide tantalique peuvent se résumer ainsi :

1° Fondu avec le bisulfate de potasse, il donne au rouge une solution limpide, qui se décompose par l'eau bouillante en donnant un résidu parfaitement insoluble d'acide tantalique combiné avec de l'acide sulfurique;

2° Le sulfate de tantale humide est insoluble dans l'acide chlorhydrique;

3° Densité de l'acide tantalique = 6,50 à 6,78:

4° Sa couleur blanche ne s'altère pas pendant la calcination;

5° L'acide tantalique hydraté est soluble dans l'acide chlorhydrique;

6° Le zinc ne modifie pas la couleur d'une solution chlorhydrique d'acide tantalique;

7° La couleur claire des précipités produits par la noix de galle et le prussiate jaune;

8° La quantité d'acide carbonique dégagé par la calcination de l'acide tantalique avec le carbonate de soude, qui est de 15 p. pour 100 d'acide tantalique;

9° La non-coloration des verres obtenus au chalumeau avec l'acide tantalique, et le borax ou le sel de phosphore;

10. L'équivalent du tantale = 1531,15.

M. Hermann a fait quelques expériences sur l'ytterotantalite de Suède; les réactions de l'acide contenu dans ce minéral tendent à le faire confondre avec l'acide tantalique, mais sa densité n'est que de 4,05. Cet acide mérite donc un nouvel examen.

Niobium et ses combinaisons.

M. Hermann a extrait ainsi qu'il suit l'acide niobique de l'œschynite :

Préparation de l'acide niobique. Le minéral pulvérisé est mélangé avec six fois son poids de bisulfate de potasse, et le mélange est chauffé au rouge modéré jusqu'à dissolution complète. La masse refroidie est pulvérisée et épuisée par

l'eau bouillante. Le résidu insoluble se compose de sulfate niobique basique qui retient opiniâtrément du cérium et du fer. On dissout ce sulfate basique, encore humide, dans trois fois son volume d'acide chlorhydrique concentré et bouillant. On étend d'eau et on ajoute une dissolution concentrée de sulfate neutre de potasse, qui produit un abondant précipité de sulfate niobique pur que l'on lave avec soin. La liqueur acide contient encore beaucoup d'acide niobique impur; pour l'obtenir, on précipite par l'ammoniaque et on fond de nouveau le précipité avec du bisulfate potassique. On obtient l'acide niobique pur en calcinant au feu de forge le sulfate niobique.

Niobium. En chauffant le chlorure ammoniacal de niobium dans un courant de gaz ammoniac sec, il se sublime du sel ammoniac, et il reste un corps poreux assez semblable au noir de fumée, et formant, contre les parois du vase, des pellicules cohérentes ayant l'aspect et l'éclat du charbon produit par la calcination du sucre. Ce corps est le niobium. Ce métal ne décompose pas l'eau; il n'est pas oxydé, même à chaud, par les acides nitrique et chlorhydrique; mais, suivant M. Rose, il se dissout aisément dans un mélange d'acides nitrique et fluorhydrique. Par le grillage, il se transforme en acide niobique blanc.

Oxydes de niobium. Quand on plonge une lame de zinc dans une solution chlorhydrique d'acide niobique, on remarque d'abord une coloration bleue qui passe au brun par le contact prolongé du zinc. Un excès d'ammoniaque produit dans ces dissolutions des précipités bleus ou bruns, qui deviennent blancs à l'air. Il y a donc évidem-

ment un protoxyde brun et un oxyde bleu intermédiaire entre ce protoxyde et l'acide niobique.

L'*acide niobique*, dont la préparation a été indiquée plus haut, est d'un blanc de neige, à cassure terreuse, et semblable à l'acide tantalique ; sa densité = 3,95 ; il prend, par la calcination, une belle teinte jaune d'or, qu'il perd par le refroidissement.

On obtient un *hydrate d'acide niobique* en saturant par l'ammoniaque ou le carbonate d'ammoniaque une solution chlorhydrique d'acide niobique ; cet hydrate est gélatineux, transparent et semblable à l'alumine précipité.

Le *carbonate niobique* n'a pu être préparé.

Sulfates niobiques. L'acide niobique calciné n'est que difficilement attaqué par l'acide sulfurique concentré, mais la dissolution s'opère complétement lorsqu'on ajoute du sulfate de soude, qui élève le point d'ébullition de l'acide sulfurique. L'hydrate, au contraire, se dissout aisément dans l'acide sulfurique concentré ; après évaporation de l'acide en excès, il reste du sulfate niobique en masse incolore et transparente. Ce sel est décomposé par l'eau en sulfate basique et en acide sulfurique libre, lequel retient un peu d'acide niobique.

Le *sous-sulfate niobique* s'obtient encore en précipitant une solution chlorhydrique d'acide niobique par le sulfate neutre de potasse, ou bien en traitant par l'eau bouillante la combinaison de sulfate niobique avec le bisulfate de potasse. Ce sel, d'un blanc de neige, paraît avoir pour formule $\dddot{N}b^3\dddot{S}^2$; il perd par la calcination tout son acide sulfurique.

En fondant l'acide niobique avec le bisulfate de soude on obtient une masse complétement soluble dans une faible proportion d'eau, ce qui n'a pas lieu avec les acides tantalique et ilménique : cette propriété fournit un moyen de séparer ces derniers.

Le chloride niobique se prépare comme le chloride tantalique.

L'hydrate et le sous-sulfate niobique à l'état humide se dissolvent facilement dans l'acide chlorhydrique concentré et chaud. Par l'évaporation il se sépare un sel basique, sous forme de poudre blanche.

Le chloride niobique absorbe le gaz ammoniac sec avec avidité et dégagement de chaleur; il se produit une combinaison jaune qui, chauffée dans le vide, donne, suivant M. Rose, du sel ammoniac et du niobium métallique.

L'hydrate d'acide niobique est insoluble dans l'acide nitrique.

Niobates. 100 p. d'acide niobique calciné avec son poids de carbonate de soude sec dégagent 29,44 d'acide carbonique, en produisant une masse grise à cassure terreuse, qui peut se représenter par la formule $\dot{N}a^2\ddot{N}b$. Ce sel se décompose, par l'ébullition avec l'eau, en sel acide insoluble en sous-sel soluble.

Quand on ajoute du chlorure barytique à une solution concentrée et chaude d'acide niobique dans l'acide chlorhydrique, on obtient, par le refroidissement, des étoiles nacrées de niobate de baryte.

M. Hermann résume ainsi les caractères de l'acide niobique :

1° Fondu au rouge avec le bisulfate de potasse, il produit une combinaison limpide qui se décompose par le lavage à l'eau en laissant à l'état de sous-sulfate insoluble la plus grande partie de l'acide niobique;

2° Fondu de même avec le bisulfate de soude, il donne une combinaison limpide, complétement soluble dans une petite quantité d'eau; quand on étend cette solution de beaucoup d'eau, la plus grande partie de l'acide niobique se précipite, combinée avec de l'acide sulfurique;

3° L'hydrate et le sous-sulfate niobique humide se dissolvent complétement dans l'acide chlorhydrique concentré et chaud;

4° La solution chlorhydrique d'acide niobique donne, par la teinture de noix de galle et par le prussiate jaune, des précipités d'une couleur plus foncée que ceux correspondants à l'acide tantalique, et plus claire que ceux obtenus avec l'acide ilménique;

5° La solution chlorhydrique de l'acide niobique, soumise à l'action du zinc métallique, se colore d'abord en bleu, puis en brun par un contact prolongé;

6° Dans la flamme intérieure du chalumeau, l'acide niobique donne, avec le borax, un verre brun; avec le sel de phosphore, un verre bleu;

7° L'acide niobique a une densité de beaucoup inférieure (3,95) à celle de l'acide tantalique (6,78).

Ilménium et ses combinaisons.

D'après M. Hermann, l'*yttérotantalite* de *l'Ilmengebirge* ne renferme pas d'acide tantalique, et ce minéral doit être désigné sous le nom d'*yttero-*

ilménite : on y trouve en effet l'acide du nouveau métal qu'il appelle *ilménium*.

L'acide ilménique, qui possède un grand nombre de propriétés identiques avec celles de l'acide tantalique, s'en distingue cependant essentiellement sous plusieurs rapports : d'abord la densité de l'acide ilménique (4,16 à 4,20) est beaucoup moindre que celle de l'acide tantalique (6,78); il prend une couleur jaune intense pendant la calcination; son hydrate, humecté d'acide chlorhydrique et mis en contact avec du zinc, prend une teinte bleue; pendant la calcination avec le carbonate de soude, il dégage une beaucoup plus grande quantité d'acide carbonique (29,1 pour 100).

De même, l'acide ilménique se distingue de l'acide niobique par l'insolubilité totale de son hydrate dans l'acide chlorhydrique; au chalumeau, il donne des verres incolores. L'ilméniate de soude, avec la noix de galle et le prussiate jaune, produit des précipités bruns plus foncés que l'hydrate de fer; avec l'acide niobique et l'acide tantalique, on obtient des précipités beaucoup moins foncés.

L'équivalent de l'ilménium est beaucoup moins élevé que ceux du tantale et du niobium; en admettant que l'acide ilménique contient 2 équivalents d'oxygène, l'équivalent de l'ilménium est environ 753,0.

L'ilménium et l'acide ilménique se préparent au moyen de l'yttero-ilménite absolument de la même manière que le tantale et l'acide tantalique, au moyen du tantalite de Kimito.

L'acide ilménique a peu d'affinité pour l'acide sulfurique; la combinaison de ces deux acides se décompose entièrement par des lavages prolongés et se convertit en hydrate.

Le sous-sulfate ilménique à l'état humide est entièrement insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré et bouillant; ce qui le distingue très-nettement de l'acide niobique.

Le chloride ilménique se prépare comme le chloride tantalique. On l'obtient en masse cristalline, translucide, jaunâtre, qui, à l'air humide, devient blanche et opaque en dégageant des vapeurs chlorhydriques. Il décompose l'eau avec sifflement et un grand dégagement de chaleur; il se produit des acides chlorhydrique et ilménique hydraté. Il absorbe avidement et avec dégagement de chaleur le gaz ammoniac sec, en formant un composé jaune qui, chauffé dans un courant de gaz ammoniac, se décompose en sel ammoniac et en ilménium.

L'ilménium n'est pas attaqué à chaud par les acides chlorhydrique, nitrique et même par l'eau régale. Par le grillage, il se convertit en acide ilménique.

L'acide ilménique chauffé au rouge avec du carbonate de soude sec donne une masse terreuse grisâtre que l'eau bouillante décompose en ilméniate sodique acide, insoluble, blanc et pulvérulent, et en ilméniate basique soluble. Par l'évaporation, la solution d'ilméniate basique ne cristallise pas. L'acide carbonique de l'air la décompose peu à peu et y détermine un précipité d'ilméniate acide. Les acides chlorhydrique et nitrique en précipitent complétement l'acide ilménique; dans les mêmes circonstances, au contraire, une forte proportion des acides tantalique et niobique reste en dissolution dans l'acide chlorhydrique.

---

25. *Sur le* NIOBIUM *et le* PELOPIUM; par M. H Rose. (Ann. de Pogg., t. LXIX, p. 115.)

Ayant reconnu que l'acide tantalique extrait de la columbite de Bavière devait renfermer une substance particulière, M. H. Rose parvint approximativement à l'isoler, en soumettant au rouge, à l'action d'un courant de chlore l'acide tantalique impur mélangé de charbon. Il obtint ainsi un perchlorure jaune facilement volatil et un perchlorure blanc qui l'était beaucoup moins. Traités par l'eau ces chlorures donnèrent des acides métalliques insolubles dans l'acide chlorhydrique. Ces acides traités à plusieurs reprises de la même manière, en purifiant à chaque fois par une sublimation à part les chlorides obtenus, ont permis à M. Rose d'obtenir les acides niobique, pélopique et tantalique à l'état de pureté. Jusqu'ici M. Rose n'a pas encore trouvé de méthode pour les séparer dans l'analyse quantitative. Voici les principales différences que présentent les composés de ces divers métaux :

Le chloride pélopique fond à 212°, le chloride tantalique à 221°; ils commencent l'un et l'autre à se volatiliser avant leur point de fusion, le premier à 125°, le second à 144°; ils sont blancs, le chloride niobique est jaune et plus volatil que les précédents.

Le chloride de tantale arrosé avec de l'acide sulfurique concentré, dégage, sans développement de chaleur, de l'acide hydrochlorique, et donne à froid une dissolution un peu opaline, qui se trouble par l'ébullition et se transforme par le refroidissement en une gelée blanche opaline. En traitant cette gelée par l'eau froide, on ne dissout que

des traces d'acide tantalique. En traitant de même l'acide pélopique, il n'y a de différence qu'en ce que, en traitant par l'eau froide la gelée obtenue, on dissout une partie de l'acide pélopique, que l'on précipite complétement par l'ébullition. L'acide niobique se dissout complétement à une douce chaleur dans l'acide sulfurique concentré ; la dissolution est limpide et ne se trouble pas par l'ébullition, ainsi que lorsqu'on l'étend d'eau froide ; mais si on la fait ensuite bouillir l'acide niobique est complétement précipité.

Le chloride tantalique donne à froid dans l'acide chlorhydrique une solution trouble qui se transforme avec le temps en gelée, et dont l'eau froide ne sépare que des traces d'acide tantalique ; si l'on emploie de l'acide chlorhydrique bouillant, l'acide tantalique ne se dissout qu'incomplétement et il ne se forme pas de gelée par le refroidissement ; si on étend d'eau la liqueur elle devient opaline, et une addition d'acide sulfurique y détermine même à froid la formation d'un volumineux précipité. Le chloride pélopique se comporte de même avec l'acide chlorhydrique à froid ; avec l'acide chlorhydrique bouillant, on obtient une solution laiteuse qui devient claire lorsqu'on l'étend d'eau et ne se trouble pas par l'ébullition ; l'acide sulfurique n'y produit de précipité qu'à chaud. Le chloride niobique ne se dissout pas et ne se transforme pas en gelée lorsqu'on le traite par l'acide chlorhydrique à froid : il ne se dissout que très-peu d'acide niobique. L'acide chlorhydrique bouillant ne dissout également rien, mais si l'on ajoute ensuite de l'eau, le tout entre en dissolution et l'on ne peut en précipiter l'acide niobique par l'ébul-

lition ; l'acide sulfurique trouble cette liqueur à froid et en précipite l'acide niobique à chaud.

En traitant le chloride niobique par un excès d'eau bouillante on en sépare complétement le niobium sous la forme d'acide niobique floconneux et coagulé. Il en est de même du chloride pélopique, mais l'acide pélopique obtenu ne s'agglomère pas et se filtre difficilement. Le chloride tantalique, au contraire, se décompose incomplétement par l'eau bouillante; il est nécessaire pour opérer une séparation complète d'employer de l'eau à laquelle on ajoute de l'ammoniaque; l'acide tantalique se sépare alors, même à froid, à l'état floconneux; ce procédé ne peut être appliqué aux chlorides niobique et pélopique.

Une solution de potasse caustique dissout partiellement à chaud le chloride tantalique, un peu plus le chloride pélopique, et complétement, même à froid, le chloride niobique. Une solution de carbonate de potasse n'attaque pas le chloride tantalique, attaque partiellement le chloride pélopique, et dissout à chaud le chloride niobique.

L'acide tantalique reste blanc pendant la calcination; l'acide pélopique prend une légère teinte jaune qu'il perd en refroidissant, et l'acide niobique devient d'un jaune très-prononcé qui disparaît par le refroidissement.

Les hydrates de ces trois acides perdent leur eau par la calcination avec dégagement de chaleur et de lumière.

Lorsque sur ces acides, chauffés au blanc, on fait passer un courant d'hydrogène, l'acide tantalique reste blanc, l'acide pélopique noircit un peu et l'acide niobique noircit encore plus; il se forme à peine des traces d'eau et, par le grillage, ces acides

reprennent rapidement leur couleur blanche sans augmentation de poids sensible.

Si on expose ces acides, chauffés au blanc, à l'action d'un courant de gaz ammoniac sec, l'acide tantalique devient gris avec dégagement d'un peu d'eau, tandis que les acides pélopique et niobique deviennent noirs et il se forme beaucoup de vapeur d'eau.

Enfin si on traite ces acides, chauffés au rouge blanc, par le gaz hydrogène sulfuré, l'acide tantalique prend une légère teinte grisâtre et l'on remarque seulement des traces de soufre, sans qu'il se dégage sensiblement de vapeur d'eau; les acides pélopique et niobique se convertissent lentement en sulfures noirs avec production de vapeurs d'eau et de soufre.

Les chlorures tantalique et niobique ne sont pas altérés à froid par le gaz hydrogène sulfuré, mais, avec l'aide de la chaleur, ils se transforment en sulfures avec dégagement d'acide chlorhydrique; le chlorure pélopique est attaqué même à froid. En traitant ces chlorures par le gaz ammoniac sec, on obtient aisément le tantale, le pélopium et le niobium à l'état métallique.

Le sulfure tantalique est facilement attaqué à froid par le chlore sec, mais la décomposition n'est complète qu'à l'aide de la chaleur; le sulfure pélopique n'est décomposé qu'à chaud; le sulfure niobique l'est complétement à froid.

Les trois acides métalliques précédents calcinés puis fondus au creuset d'argent avec de la potasse caustique donnent un composé soluble dans l'eau et la potasse. Au contraire, avec la soude caustique, on obtient, par le lavage avec un peu d'eau qui dissout l'excès d'alcali, un résidu blanc insoluble

dans un excès d'hydrate de soude et soluble dans une grande quantité d'eau; on le précipite de sa solution aqueuse par l'addition d'une solution concentrée d'hydrate de soude; cette propriété peut servir, en opérant avec précaution, pour obtenir les combinaisons à l'état cristallisé.

Le niobate sodique traité au rouge vif par un courant d'hydrogène sulfuré sec jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'eau et de soufre donne une masse noirâtre cristalline, dont on retire par le lessivage du sulfure sodique ne renfermant pas de traces de niobium, et il reste pour résidu du sulfure niobique à l'état cristallin. Si on traite de même un mélange de niobate et de carbonate sodique en excès préalablement calciné, ce mélange ne devient pas noir et le résidu insoluble du lessivage est un niobate acide de soude blanc. Traité de même, le pélopate sodique se transforme en sulfure pélopique sans formation de sulfosel. Dans les mêmes circonstances, le tantalate sodique reste blanc, mais la soude qu'il renferme passe également à l'état de sulfure.

Les pélopate et tantalate acides de soude ne sont pas réduits au rouge vif par l'hydrogène; par l'hydrogène sulfuré, le tantalate n'éprouve aucune altération, tandis que le pélopate est en partie ramené à l'état de sulfure noir.

La noix de galle précipite en jaune clair les tantalates alcalins sursaturés par un acide, en jaune-orangé les pélopates et en rouge-orangé les niobates. Dans les mêmes circonstances, le prussiate jaune précipite les tantalates en jaune, les pélopates en brun-rouge, et les niobates en rouge. L'hydrochlorate d'ammoniaque précipite complétement les tantalates alcalins et incomplétement

les pélopates et surtout les niobates; les carbonates alcalins très-étendus empêchent cette précipitation. Le sulfate d'ammoniaque se comporte comme l'hydrochlorate. L'acide carbonique précipite promptement les tantalates alcalins, plus lentement les pélopates et très-lentement les niobates.

Le bisulfate de potasse dissout en se fondant les acides niobique, tantalique et pélopique; dans le premier cas, la masse refroidie est cristalline, dans les autres elle ne l'est pas. Ces combinaisons sont décomposées par l'eau bouillante.

Lorsqu'à une solution de niobate alcalin on ajoute de l'acide chlorhydrique ou sulfurique, et du zinc métallique, l'acide niobique précipité prend bientôt une belle couleur bleue, qui devient peu à peu sale et enfin brune. Dans les mêmes circonstances, les acides pélopique et tantalique ne se colorent pas en bleu, mais cette coloration se produit avec un mélange de chlorides tantalique ou pélopique, d'acide sulfurique concentré, d'un peu d'eau et de zinc.

Au chalumeau, l'acide tantalique donne, avec le sel de phosphore, une perle incolore qui ne change pas dans la flamme réduisante et qui ne devient pas rouge de sang par l'addition du sulfate de fer. Il donne également, avec le borax, une perle incolore qui ne change pas dans la flamme intérieure.

L'acide pélopique donne, avec le sel de phosphore, une perle transparente et incolore, dans la flamme extérieure, qui devient brune dans la flamme intérieure. Une addition de sulfate de fer, dans la flamme intérieure, colore la perle en rouge

de sang. Avec le borax il se comporte comme l'acide tantalique.

L'acide niobique donne une perle incolore avec le sel de phosphore, dans la flamme oxydante. Dans la flamme réductive, cette perle prend une teinte violette et même une couleur d'un beau bleu, lorsque la proportion d'acide niobique est assez considérable; si l'on y ajoute du sulfate de fer, on obtient une perle d'un rouge de sang foncé. Avec le borax, il se comporte comme les précédents, à moins qu'il n'y en ait une très-forte proportion, auquel cas on obtient une perle opaque violette ou plutôt d'un gris bleuâtre.

En terminant ce mémoire, M. H. Rose élève des doutes sur la réalité de l'ilménium de M. Hermann (voyez p. 486) et établit, entre ce nouveau métal et le pélopium, quelques rapprochements qui, du reste, ne lui semblent pas suffisants pour résoudre la question.

---

26. *Sur le poids atomique de l'*URANIUM; par M. Eug. Péligot. (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, t. XXII.)

De nouvelles analyses de l'oxalate et de l'acétate d'urane ont conduit de nouveau M. Péligot au nombre 750 pour représenter l'équivalent du métal.

---

27. *Sur le poids atomique du* CHROME; par M. Berlin. (Ann. de Pogg., t. LXVII, p. 258.)

Pour déterminer le poids atomique du chrome on se servit du chromate d'oxyde d'argent; ce sel

fut réduit par un mélange d'alcool et d'acide hydrochlorique pur, le chlorure d'argent lavé avec soin, desséché, traité avec de l'eau régale jusqu'à ce qu'il devînt d'un blanc de neige, fut ensuite fondu, puis pesé. La solution du chlorure de chrome fut évaporée à siccité avec un excès d'ammoniaque et reprise par l'eau bouillante; l'oxyde de chrome obtenu fut recueilli sur un filtre, calciné et pesé.

5 expériences ont donné les résultats suivants :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Poids atom. du chrome.	328,80	328,45	328,83	327,83	328,04

en admettant 1349,66 pour le poids atomique de l'argent et 443,28 pour celui du chlore.

I, II, III, ont été faites sur du chromate d'argent obtenu avec excès de chromate de potasse dans la liqueur; IV, avec du chromate d'argent obtenu avec un excès de nitrate d'argent dans la liqueur; V, avec du chromate acide d'argent en cristaux aciculaires assez gros.

En prenant la moyenne 328,39 pour le poids atomique du chrome, on aurait :

	Protox. de chrome.	Acide chromique.
Chrome. .	68,645	52,259
Oxygène. .	31,355	47,741
	100,000	100,000

---

28. *Moyen de reconnaître la présence du* MANGANÈSE; par M. Walter Crum. (Ann. der Chem. und Pharm., t. LV, p. 219.)

Ce procédé consiste à chauffer de l'oxyde puce de plomb avec de l'acide nitrique étendu et à ajouter

aussitôt la liqueur que l'on suppose renfermer du manganèse; pour peu qu'elle en contienne, la liqueur prend une teinte d'un rouge pourpre intense due à la formation d'acide hypermanganique.

---

29. *Sur la séparation de l'*ALUMINE *et du* FER; par M. W. Knop. (J. f. prackt. Chem., t. XXXIX, p. 58.)

On précipite l'alumine et le fer ensemble par le sulfhydrate d'ammoniaque, puis on les sépare par la potasse comme à l'ordinaire, à cela près qu'on ajoute un peu de sulfhydrate d'ammoniaque à la dissolution potassique. On obtient ainsi de l'alumine parfaitement blanche et pure.

---

30. *Sur un nouveau procédé de dosage du* FER *par la voie humide;* par M. P. Margueritte. (Ann. de Ch., t. XVIII, p. 244.)

Le procédé de M. Margueritte est fondé sur l'emploi de liqueurs titrées et sur la réaction des protosels de fer et de l'hypermanganate de potasse. Quand l'on verse de l'hypermanganate de potasse dans une solution étendue de protosel de fer, la couleur du caméléon disparaît instantanément, tant qu'il reste du protoxyde en dissolution. Quand la peroxydation est complète, l'addition d'une nouvelle goutte de dissolution de manganate fait prendre à la liqueur une coloration rose très-sensible. La réaction s'exprime par la formule suivante :



$$Mn^2O^7\,KO + 10FeO = 2MnO + 5Fe^2O^3 + KO.$$

Il est bien entendu que la liqueur doit être suf-

fisamment acide pour retenir en dissolution la potasse et les oxydes de fer et de manganèse qui résultent de la réaction.

Le fer existe ordinairement à l'état de peroxyde dans les dissolutions de ses minerais dans les acides. On le ramène à l'état de protoxyde, soit en ajoutant de l'acide sulfureux ou du sulfite de soude à la dissolution acide et faisant bouillir pour chasser l'excès d'acide sulfureux, soit en ajoutant du zinc distillé qui se dissout avec dégagement d'hydrogène. M. Margueritte a constaté que les protosels de fer dissous dans un excès d'acide ne se convertissaient à l'air en sels de peroxyde qu'avec une extrême lenteur, ce qui permet de négliger la peroxydation qui peut avoir lieu pendant l'essai.

Préparation de l'hypermanganate de potasse. On l'obtient, par la méthode de M. Gregory, en mêlant 1 at. de chlorate de potasse, 3 at. de potasse hydratée et 3 at. de peroxyde de manganèse, et chauffant au rouge sombre. On reprend par une faible quantité d'eau, afin d'avoir une solution concentrée d'hypermanganate. On ajoute à cette solution assez d'acide nitrique pour qu'elle devienne d'un beau violet et on la filtre sur de l'amiante. La liqueur peut se conserver très-longtemps sans altération dans des flacons bouchés.

Détermination du titre de la liqueur normale. On pèse 1 gramme de fer en fils très-fins. On le dissout dans l'acide hydrochlorique fumant, puis on étend la solution d'eau distillée de façon à avoir 1 litre de liqueur. On introduit la solution de l'hypermanganate dans une burette graduée en dixièmes de centimètre cube et on la verse goutte à goutte dans la solution ferreuse jusqu'à ce que la coloration rose persiste. On note le nombre des centi-

mètres cubes employés. On ajoute à la liqueur assez d'eau pour que 30 centimètres cubes de liqueur peroxydent 1 gramme de fer.

Essai d'un minerai. On dissout 1 gramme de minerai dans l'acide chlorhydrique (20 centimètres cubes). La liqueur est placée dans un ballon d'un litre; on y ajoute de l'eau, puis 5 à 6 grammes de zinc distillé ou 4 grammes de sulfite de soude. Après la réduction la liqueur doit être décolorée. On étend d'eau de manière à avoir 3/4 de litre et on verse la liqueur titrée goutte à goutte jusqu'à ce que le liquide se colore. On lit sur la burette le nombre de centimètres employés et le volume est proportionnel au poids du fer contenu dans le minerai.

Les corps qui se trouvent habituellement avec le fer dans les minéraux ne nuisent pas à l'exactitude de l'essai. S'il y avait de l'arsenic et du cuivre, il ne faudrait pas employer d'acide sulfureux pour ramener le fer à l'état de protoxyde, parce que l'acide arsénique serait réduit en acide arsénieux, le bioxyde, en protoxyde de cuivre, et que ces deux corps réduisent l'hypermanganate de potasse aussi bien que le protoxyde de fer. En se servant du zinc, le cuivre et l'arsenic se trouvent précipités.

---

31. *Sur un nouveau mode de séparation du* COBALT *d'avec le* MANGANÈSE; par M. Ch. Barreswil. (Ann. de Ch., t. XVII, p. 53.)

Le cobalt est précipité partiellement de ses dissolutions par l'hydrogène sulfuré quand la liqueur est neutre, tandis que les sels de manganèse ne le sont pas. Il suffit donc de maintenir la liqueur bien

neutre pour que tout le cobalt soit séparé. On y parvient en ajoutant à la solution des deux métaux un excès de carbonate de baryte et la sursaturant d'hydrogène sulfuré. Tout le cobalt se précipite et le manganèse reste dans la liqueur filtrée.

Observations. J'ai constaté par une expérience directe que le manganèse est complétement précipité de ses dissolutions par l'hydrogène sulfuré, en présence du carbonate de baryte. Le cobalt se précipite avant le manganèse, mais on ne peut avoir de séparation nette. (J. E.)

---

32. *Mémoire sur un nouveau mode de dosage du* CUIVRE; par M. Pelouze. (Ann. de Chim., t. XVII, p. 393.)

Mon procédé est fondé sur la propriété que possède le cuivre d'être précipité de ses dissolutions ammoniacales par le sulfure de sodium avant la plupart des autres métaux et principalement avant le plomb, l'étain, le zinc, le cadmium, le fer, l'antimoine, le bismuth et l'arsenic.

Lorsqu'on effectue ces précipitations à la température ordinaire, l'analyse devient très-difficile et d'ailleurs peu exacte. En effet, le sulfure de cuivre hydraté se rassemble avec lenteur, il se sulfatise avec rapidité, et l'on ne peut empêcher qu'une petite quantité des autres métaux, particulièrement du plomb, ne soit précipitée en même temps que le sulfure de cuivre; ce qui le prouve, c'est qu'un volume de dissolution de sulfure de sodium, susceptible de décolorer complétement à froid une certaine quantité de dissolution ammoniacale de cuivre, cesse de suffire lorsque le cuivre

a été préalablement mêlé à du plomb. Dans ce dernier cas, la liqueur ammoniacale conserve une teinte bleue très-prononcée.

Lorsqu'au contraire on porte les liqueurs à l'ébullition, il faut exactement le même volume de sulfure soluble pour précipiter le même poids de cuivre, que ce métal soit seul ou mêlé à ceux qui ont été indiqués précédemment.

Cette précipitation du cuivre, sur laquelle est fondée la nouvelle méthode d'analyse, demande quelques explications.

Lorsqu'elle a été effectuée à la température ordinaire, on trouve dans le précipité le soufre et le cuivre unis dans le rapport d'équivalents égaux. C'est donc ici le sulfure ordinaire CuS, correspondant à l'oxyde noir CuO, et au sulfure de sodium NaS; seulement il est hydraté.

Ce sulfure, bien lavé, lorsqu'on le fait bouillir avec des dissolutions étendues de nitrate ou de sulfate de cuivre, les décolore. En ajoutant à ces dissolutions de l'ammoniaque, l'absorption de l'oxyde de cuivre par le sulfure est beaucoup plus rapide, et si la quantité d'ammoniaque est considérable, si le sel de cuivre est en excès, et que, d'un autre côté, la température ne dépasse pas 75 à 80 degrés, on trouve à l'oxysulfure une composition constante. Il est formé de 5CuS+CuO. On peut en conclure que, dans les conditions indiquées, ce composé est sans action sur le nitrate et sur le sulfate de cuivre ammoniacal.

Cependant, si la température du mélange est portée au delà du terme indiqué, si elle s'élève à 90 degrés et surtout à 95 et 100 degrés, cet oxysulfure peut absorber une nouvelle quantité de cuivre et décolorer la liqueur bleue devenue beau-

coup moins ammoniacale; alors, indépendamment d'un ou de plusieurs composés de sulfure de cuivre et d'oxyde de ce métal, une quantité assez considérable de cuivre est réduite à l'état de protoxyde et reste en dissolution dans les liqueurs sans les colorer, ce qu'on reconnaît facilement, soit avec le sulfure de sodium, qui y produit un précipité noir, soit en décantant la liqueur claire et la soumettant à l'action de l'air ou du chlore, qui en déterminent la coloration en bleu.

De ces diverses expériences, il résulte que pour doser le cuivre allié aux métaux avec lesquels on le rencontre ordinairement, il faut éviter d'opérer à une température *très-basse* ou à une température *très-élevée*, heureusement la chose est facile; l'oxysulfure $5CuS + CuO$ se forme déjà vers 50 à 60 degrés, et ce n'est qu'au delà de 80 ou 85 degrés qu'il commence à agir sur les sels de cuivre ammoniacaux : or, il est très-facile de ne pas dépasser ce dernier terme; il faut même, pour l'atteindre, une ébullition très-prolongée de la liqueur ammoniacale, et, dans tous les cas, l'addition d'une nouvelle quantité d'ammoniaque suffirait pour abaisser la température, si, par hasard, une expérience avait été trop prolongée.

Les considérations qui précèdent me permettent d'entrer maintenant dans les détails du procédé. J'indiquerai : 1° la préparation du sulfure de sodium, 2° la manière de reconnaître la pureté du cuivre qui sert de titre, 3° la manière de titrer la dissolution du sulfure, 4° le mode d'analyse des alliages, 5° celui des sels de cuivre et particulièrement des sulfates, 6° celui des minerais de cuivre. Je terminerai la première partie de ce travail par l'indication d'un moyen de reconnaître, dans les

composés de cuivre, la présence de quantités extrêmement petites de zinc ou de cadmium.

Préparation du sulfure de sodium.

Le mode qui me paraît le plus simple et le plus commode consiste à faire passer un courant de gaz hydrogène sulfuré dans une dissolution de soude caustique marquant 36 degrés à l'aréomètre : c'est la lessive des savonniers, telle qu'on la trouve chez les fabricants de produits chimiques.

Pour obtenir l'hydrogène sulfuré, on peut se servir indistinctement de sulfure d'antimoine et d'acide chlorhydrique concentré, de sulfure de fer et d'acide sulfurique étendu; mais j'emploie de préférence du sulfate de baryte ou du sulfate de strontiane converti en sulfure par une cémentation dans du charbon (1).

Ce sulfure est introduit en petits fragments de la grosseur d'une noisette dans un flacon tubulé, de la capacité de 2 à 3 litres, et traité à la température ordinaire, par de l'acide chlorhydrique du commerce, étendu d'environ deux fois son volume d'eau.

Le gaz, qui se dégage en abondance, est reçu dans la soude caustique où il doit être apporté par un tube d'un large diamètre.

Il est absorbé complétement quelque rapide que soit le dégagement.

Au bout de quelques heures, on trouve dans le flacon où ce gaz a été absorbé, une abondante cristallisation de sulfure de sodium, dont une partie

(1) Le sulfure de baryum et celui de strontium sont vendus par les fabricants de produits chimiques au prix de 20 centimes le kilogramme.

est légèrement colorée en jaune, tandis que l'autre, beaucoup plus considérable, est parfaitement incolore.

Lorsque le gaz sulfhydrique a cessé de se dégager depuis quelque temps, on décante le liquide qui recouvre les cristaux de sulfure de sodium et on lave ceux-ci à deux ou trois reprises avec de petites quantités d'eau froide pour les dépouiller de la lessive caustique dont ils sont encore imprégnés. On les laisse encore s'égoutter pendant quelques instants et l'on s'en sert pour la préparation d'une provision de liqueur normale.

A cet effet, on en pèse approximativement 135 à 140 grammes qu'on dissout dans l'eau, de manière à ce que le mélange occupe à peu près un litre. Si les analyses de cuivre doivent être nombreuses, il est bon de préparer à la fois plusieurs litres de liqueur. La dissolution, d'abord colorée et trouble, est abandonnée à elle-même; elle laisse déposer au bout de deux ou trois jours, quelquefois dans un laps de temps beaucoup moins considérable, une petite quantité d'une poudre noire, composée, presque entièrement, de sulfure de plomb (1).

Elle devient parfaitement incolore, et on la sépare facilement du précipité en l'enlevant au moyen d'un siphon. On juge de son degré de concentration

(1) Il est très-vraisemblable que ce métal provient des chambres des chaudières de plomb dans lesquelles on fabrique l'acide sulfurique, et qu'il a passé, de ce dernier acide, dans le sulfate de soude, et par suite dans la soude, où l'oxyde de plomb est très-soluble. Quoi qu'il en soit, je l'ai constamment rencontré dans tous les échantillons de lessive des savonniers où je l'ai recherché. Ce fait, du reste, avait déjà été signalé.

par un premier essai avec 1 gramme de cuivre pur. A cet effet, on dissout 1 gramme de ce métal dans 5 ou 6 centimètres cubes d'acide nitrique du commerce, on ajoute à la dissolution 40 à 50 grammes d'ammoniaque, on porte la liqueur à l'ébullition, et l'on y verse peu à peu la dissolution de sulfure de sodium mesurée dans la burette. Cette dissolution doit être telle, qu'il en faille, pour précipiter 1 gramme de cuivre, une quantité comprise entre 29 et 31 centimètres cubes. Avec les proportions indiquées ci-dessus, on approche de ces limites, mais ordinairement il faut ajouter un peu d'eau distillée à la liqueur sulfureuse; le premier essai indique, à peu de chose près, ce qu'il en faut mettre, et une analyse précise donne en second lieu le titre exact de la dissolution.

On trouve dans le commerce le sulfure de sodium cristallisé à 8 et 10 fr. le kilogramme. On peut s'en servir pour les essais de cuivre, en observant, pour obtenir sa dissolution incolore et convenablement concentrée, les précautions indiquées ci-dessus. Toutefois, la préparation de ce sel est si facile, que je trouve préférable de le préparer au lieu de l'acheter.

La dissolution de sulfure de sodium préparée comme il a été dit, reste pendant des mois entiers parfaitement incolore, même dans des vases où l'on a laissé de l'air. Elle se trouble à peine par les acides. Comme réactif, il me semble impossible d'employer avec plus de succès tout autre sulfure, et je ne doute pas que, dans un grand nombre de cas, on ne le substitue avec avantage au sulfhydrate d'ammoniaque.

Essai du cuivre pur.

On trouve assez facilement, dans le commerce, du cuivre pur obtenu par des moyens galvanoplastiques; dans tous les cas, on peut le préparer soi-même.

Le cuivre raffiné de Suisse, qu'on peut acheter en lames minces, est assez pur pour pouvoir servir à titrer la liqueur de sulfure de sodium.

Le cuivre ne doit être considéré comme pur que quand il a été soumis aux épreuves suivantes:

Il se dissout dans l'acide nitrique sans y laisser la plus légère trace de résidu, et sa dissolution n'est pas troublée par l'ammoniaque. De plus, l'oxysulfure $5CuS + CuO$, fait avec ce métal, et bien lavé, doit être sans action à 75 degrés sur une petite quantité de nitrate de cuivre ammoniacal.

La dissolution de nitrate de cuivre ne doit pas être troublée par l'acide chlorhydrique ni par l'acide sulfurique.

Quand le cuivre présente ces propriétés, on peut le regarder comme propre à servir de type de comparaison pour les essais des composés qui contiennent ce métal.

La seule crainte qu'on puisse avoir serait qu'il contînt un peu d'oxygène; voilà pourquoi le cuivre galvanoplastique me paraît préférable.

Dans tous les cas, avant de considérer comme pur du cuivre obtenu par voie de fusion, il est bon de le comparer au cuivre galvanoplastique, et de s'assurer qu'ils exigent l'un et l'autre la même quantité de sulfure pour être précipités.

La méthode présente assez d'exactitude pour qu'il soit possible de comparer entre eux des échantillons de cuivre du commerce. Ceux qui

laissent dans l'acide nitrique le plus léger résidu, ou dont la dissolution donne un précipité avec l'ammoniaque, exigent constamment moins de sulfure que ceux jugés plus purs *à priori*, par les moyens indiqués ci-dessus.

Le résidu dans l'acide nitrique est ordinairement de l'étain ou de l'antimoine. Une fois seulement j'ai observé une trace d'or dans une médaille ancienne de cuivre rouge.

Le précipité obtenu dans l'ammoniaque, et qu'on observe fréquemment dans les cuivres du commerce, dans les monnaies et les médailles, est ordinairement du fer ou du plomb. Au delà de 1 à 20 millièmes, le cuivre ferreux agit d'une manière sensible sur l'aiguille aimantée.

Détermination du titre de la liqueur.

On pèse avec soin 1 gramme de cuivre qu'on introduit dans un matras de la capacité d'environ deux décilitres; on y verse, à l'aide d'une pipette, 5 à 6 centimètres cubes d'acide nitrique du commerce; le métal se dissout rapidement, soit qu'on chauffe immédiatement le mélange, soit qu'on l'abandonne à lui-même à la température ordinaire, on chasse les vapeurs rutilantes par une légère ébullition, on laisse le matras se refroidir, et l'on y verse 50 centimètres cubes d'ammoniaque du commerce (1) à l'aide d'un flacon rempli par cette quantité de liquide.

---

(1) Il est important de bien s'assurer que l'acide nitrique et l'ammoniaque dont on se sert pour les essais de cuivre sont d'une pureté convenable. On doit en acquérir la preuve en opérant sur les quantités mêmes de ces deux substances qui servent à une analyse de cuivre. On mêle,

Le ballon étant placé sur un support métallique, on porte la liqueur bleue qu'il renferme à une douce ébullition en la chauffant avec une lampe à alcool dont la mèche doit être très-mince et très-courte.

Dès que l'ébullition s'est manifestée, ce qui arrive, en général, vers 50 degrés, on verse goutte à goutte la liqueur sulfureuse dans le matras, en maintenant l'ébullition.

Pendant une grande partie de l'expérience, on reconnait facilement à la couleur bleue du liquide qui se détache du précipité qu'on peut encore ajouter du sulfure de sodium ; lorsque cette teinte a cessé de se montrer, on suspend un moment l'ébullition, on lave les bords du matras avec une pissette remplie d'ammoniaque. Au bout d'une demi-minute, tout au plus, le liquide s'éclaircit assez pour laisser voir sa couleur ; on le reporte à l'ébullition en y ajoutant, toujours goutte à goutte, une quantité de sulfure d'autant plus grande qu'on

---

par exemple, 6 centimètres cubes d'acide avec 30 centimètres cubes d'ammoniaque. Le mélange doit rester *parfaitement incolore*. On y ajoute ensuite quelques gouttes de sulfure de sodium qui ne doivent ni troubler ni colorer la liqueur.

Le plus souvent l'acide nitrique et l'ammoniaque ordinaire du commerce peuvent servir aux essais de cuivre; mais il n'en est pas moins nécessaire de les examiner avec soin, l'ammoniaque surtout qui se colore quelquefois avec les sulfures. Quand ce cas se présente, il faut la remplacer par de l'ammoniaque pure. L'acide nitrique doit être préservé du contact du liége qui le colore en jaune, surtout lorsqu'on vient à le mêler avec de l'ammoniaque. Quand l'essai d'un alliage de cuivre a été fait par des réactifs d'une pureté convenable, la liqueur qui surnage le précipité est parfaitement incolore.

a jugé la teinte plus foncée; à cet égard, on acquiert rapidement l'habitude de juger très-approximativement ce qu'il faut ajouter. Après cette nouvelle ébullition, on lave encore avec la pissette, on attend, comme la première fois, l'éclaircissement, on continue l'addition du sulfure avec d'autant plus de circonspection qu'on approche davantage du terme de la décoloration. Il faut avoir le soin de terminer l'expérience en ajoutant une goutte ou tout au plus deux gouttes de sulfure à la fois.

La température, à la fin de l'expérience, ne doit pas être supérieure à 80 degrés. Il est facile de ne pas dépasser ce terme; car, pour l'atteindre, il faut un temps très-long, circonstance due à ce que l'ammoniaque absorbe, en passant à l'état gazeux, une grande quantité de chaleur. En ayant la précaution de prendre, comme je l'ai indiqué, une très-petite mèche, l'ébullition peut durer au delà de 20 minutes sans que la température surpasse les limites indiquées par une bonne expérience, c'est-à-dire celles de 75 à 80 degrés. La durée de nos expériences est toujours comprise entre 8 et 15 minutes, à compter du moment où la liqueur bleue ammoniacale est entrée en ébullition.

Il est utile, pour juger le mieux possible du terme de la décoloration du sel de cuivre ammoniacal, d'opérer sur une quantité toujours à peu près semblable de liquide; on doit donc s'attacher à verser toujours à peu près la même quantité d'ammoniaque dans les lavages, ce qui est facile, car la pissette ne doit donner qu'un jet très-faible; ordinairement il suffit de 10 à 12 grammes d'ammoniaque pour cela.

De la sorte, il reste dans les matras un volume total de 100 centimètres cubes environ, savoir :

Nitrate de cuivre. .	8 centimètres cubes.
Ammoniaque. . . .	50
Sulfure.	30
Lavage.	12

Cette recommandation s'applique également à tous les essais de cuivre, quels qu'ils soient.

Essai d'un alliage.

Deux cas peuvent se présenter dans l'analyse d'un alliage. On connaît le titre approximatif, ou ce titre est inconnu.

Dans le premier cas, on prend une quantité d'alliage contenant environ 1 gramme de cuivre; si c'est une médaille, par exemple, son titre étant d'environ $\frac{950}{1000}$, on prendra 1,050; si c'est le bronze des canons, qui est à un titre très-voisin $\frac{900}{1000}$, on en pèsera 1,100.

Dans le second cas, un premier essai, fait sur 1 gramme d'alliage, donnera encore le titre approximatif.

Il sera donc toujours facile de procéder à l'analyse avec une quantité d'alliage représentant, à peu près, 1 gramme de cuivre, circonstance importante pour arriver à la plus grande exactitude possible.

Après avoir titré la liqueur avec le plus grand soin, de la manière qui a été indiquée précédemment, on pèse l'alliage et on l'attaque par l'acide nitrique dans un matras de la capacité de 200 centimètres cubes. Le résidu insoluble, s'il existe, indique la présence de l'étain ou de l'antimoine; quand ce résidu est considérable, il est utile d'introduire dans le ballon quelques gouttes d'acide

chlorhydrique, afin de faire rentrer l'étain ou l'antimoine en dissolution, et s'assurer par là que l'alliage est entièrement attaqué. De plus, lorsque cette circonstance se présente, il faut ajouter du plomb à l'alliage.

Cette addition de plomb a pour but de faire précipiter plus vite l'acide stannique qui, en se tenant très-longtemps en suspension, rendrait incertaine la fin de l'analyse.

Au lieu de peser le plomb à l'état métallique et de le dissoudre, il est préférable d'en avoir une dissolution toute faite et dont on connaît le titre. On dissout 10 grammes de plomb dans 30 à 40 centimètres cubes d'acide nitrique du commerce, et l'on ajoute à cette dissolution une quantité d'eau telle que le mélange occupe 1 décilitre. Un centimètre cube d'une dissolution ainsi faite représente un décigramme de plomb métallique.

Dans des cas très-rares, lorsque l'alliage est très-chargé d'étain, un décigramme de plomb pourrait ne pas suffire, ce qu'on reconnaîtrait bien vite dans un premier essai : on augmenterait alors un peu la quantité de nitrate de plomb.

Après avoir ainsi attaqué l'affinage, on attend le refroidissement de la liqueur et l'on y ajoute 50 centimètres cubes d'ammoniaque. On porte le liquide ammoniacal à l'ébullition et l'on y verse, goutte à goutte, la liqueur titrée de sulfure de sodium.

Pendant la plus grande partie de l'analyse, on n'a pas besoin d'attendre que la liqueur soit éclaircie, car on distingue facilement la teinte bleue du liquide en ébullition. Mais peu à peu cette teinte devient moins sensible; il faut suspendre l'ébullition, laver avec la pissette, laisser le liqueur se

décanter, constater sa coloration et n'y verser le sulfure qu'avec une extrême attention. Avec un peu de pratique, on voit facilement le nombre de gouttes qu'on peut ajouter, par la teinte plus ou moins foncée du liquide.

Quand on juge que la décoloration est complète, lorsque, d'ailleurs, elle a été amenée à ce dernier résultat par une ou deux gouttes de sulfure, on lit sur la burette le nombre de centimètres cubes employés (après avoir eu le soin d'attendre quelques instants, afin que la liqueur de sulfure qui est attachée aux parois soit tombée).

Supposons qu'il en ait fallu $29^{c.cub.}$,5, et que l'essai de la liqueur ait demandé 30 centimètres cubes pour un gramme de cuivre, on dirait alors :

Si 30 centimètres cubes représentent 1,000, combien représentent $29^{c.cub.}$,5 ?

On a ainsi $0^{gr.}$,983.

La quantité d'alliage soumise à l'expérience contiendrait donc $0^{gr.}$,983 de cuivre. Supposons que cette quantité soit de 1,100, nous dirons :

Si dans 1,100 d'alliage, il y a $0^{gr.}$,983 de cuivre, combien dans 1,000 ? Or $\frac{0,983}{1,100} = 0,893$.

Un pareil alliage serait donc au titre de $\frac{893}{1000}$.

On comprend combien il est important de ne pas dépasser le terme de la décoloration des liqueurs, puisque la proportion de sulfure employée pour cette décoloration est l'indice de la quantité de cuivre.

Aussi doit-on apporter tous les soins possibles à amener graduellement cette décoloration sans employer un excès de liqueur sulfureuse. Lorsque le cuivre est mêlé à beaucoup d'étain, les liqueurs s'éclaircissent un peu moins bien que lorsqu'il est

plus pur : au lieu de quelques secondes, il faut une ou deux minutes pour que le précipité soit recouvert d'une couche de liquide assez considérable et assez limpide pour permettre de juger si la liqueur est encore colorée.

Quelquefois des traces de précipité s'attachent aux parois du matras sans que le jet de la pissette puisse les en détacher entièrement; d'un autre côté, une très-petite quantité de cuivre peut rester en dissolution dans la liqueur sans la colorer, parce qu'il s'y trouve au minimum ; cela explique pourquoi la liqueur bleuit quelquefois légèrement dans sa partie supérieure, quand on l'abandonne au contact de l'air, tandis que les parties inférieures restent décolorées.

Dans tous les cas, le terme de l'expérience est marqué par la décoloration des couches inférieures du liquide que l'œil distingue sans hésitation de la zone supérieure légèrement teintée en bleu.

Au surplus, la quantité de cuivre qui reste dans la liqueur sans la décolorer, ainsi que celle du sulfure qui se sulfatise, sont très-minimes, quand l'expérience a été conduite avec les précautions que j'ai indiquées. La légère erreur qui en résulte est comprise dans les limites indiquées pour le degré d'exactitude du procédé.

La manière de titrer la dissolution de sulfure de sodium et le mode d'analyse des alliages, tel que je viens de le décrire, donnent des résultats très-satisfaisants, et il peut paraître inutile de chercher à modifier une opération, d'ailleurs si simple.

Cependant je dirai ici qu'on peut facilement, avec quelque habitude, ne pas employer le thermomètre, et que l'inconvénient d'élever la température au-dessus de 75 degrés n'est pas à craindre

quand on a la précaution de maintenir la liqueur toujours fortement ammoniacale. Ce n'est qu'au-dessus de 85 degrés, et surtout de 90 degrés, que la perturbation qui résulte de l'absorption de l'oxyde de cuivre par l'oxysulfure $5CuS + CuO$ devient rapide et considérable.

La faible erreur qui peut résulter de l'application d'une température trop élevée, est, en grande partie, compensée lorsque la liqueur de sulfure de sodium a été titrée dans des circonstances analogues à celles de l'analyse d'un alliage.

Mes premières expériences avaient été faites de cette manière, c'est-à-dire sans mesurer la température, et en portant la liqueur à une vive ébullition, tout en y maintenant un excès d'ammoniaque.

Mais, il faut le dire, ce procédé présente un côté dangereux qu'il vaut mieux éviter par l'emploi, d'ailleurs si facile, du thermomètre (1).

Essai des minerais de cuivre.

Dans un grand nombre de cas, les minerais de cuivre peuvent être analysés comme les alliages de ce métal. Au produit de l'action de l'eau régale sur le minerai, on ajoute de l'ammoniaque en excès; sans filtrer la liqueur, on la porte à l'ébullition, et l'on détermine la proportion de cuivre par le volume de sulfure employé directement à

(1) Dans tous les cas, lorsqu'on se sert du thermomètre, il est inutile, et il serait même embarrassant, de le tenir constamment dans la dissolution. Il suffit que l'on constate de temps en temps la température, et l'on retire ensuite le thermomètre après l'avoir lavé avec la pissette.

sa décoloration; j'ai pu ainsi analyser souvent des minerais dans l'espace de moins d'une demi-heure. Mais il arrive quelquefois que la proportion très-considérable des matières étrangères devient un obstacle à l'emploi immédiat du sulfure; cet inconvénient se montre surtout dans les minerais très-ferrugineux. L'oxyde de fer précipité par l'ammoniaque ne se rassemble qu'avec lenteur, et il est alors préférable de filtrer, de réunir et de concentrer la liqueur et les eaux de lavage pour doser ensuite le cuivre à la manière ordinaire.

Tantôt alors on opère sur la quantité tout entière du cuivre soumise à une seule expérience, tantôt on trouve plus commode d'opérer sur une grande quantité de minerai, et d'en faire une dissolution dans l'eau régale dont on prend un volume connu, en se conformant, à cet égard, à ce qui a été proposé par M. Gay-Lussac pour les essais alcalimétriques.

Dans tous les cas, il est essentiel de n'opérer jamais avec des dissolutions trop étendues.

Analyse des sels de cuivre, et particulièrement du sulfate.

La teinture et quelques autres arts emploient des quantités très-considérables de divers sels de cuivre, surtout le sulfate (*vitriol bleu*) et les acétates (*verdet*, *vert-de-gris*). Il est important de pouvoir apprécier avec exactitude et rapidité le cuivre renfermé dans ces sels, principalement dans le sulfate.

Le vitriol bleu que les ateliers d'affinage d'or et d'argent livrent au commerce n'est pas pur, quoiqu'il soit d'une qualité bien supérieure à ce-

lui qui provient de la sulfatisation des pyrites cuivreuses. Il contient toujours du sulfate de protoxyde de fer, et quelquefois du sulfate de zinc, substance dont il est très-difficile de le débarrasser.

Le vitriol bleu, fabriqué avec les pyrites, contient une quantité quelquefois considérable de ces deux sels, et en outre du sulfate de magnésie. Dans une expertise dont j'ai été chargé avec MM. Péligot et Chevalier, nous avons eu occasion d'analyser un vitriol qui contenait à peu près 25 p. o/o de chacun de ces quatre sulfates isomorphes.

Quand le vitriol, comme celui de Salzbourg, ne contient que quelques centièmes de cuivre, et qu'il est principalement formé de sulfate de fer, il faut, après avoir peroxydé ce dernier métal, le précipiter par un excès d'ammoniaque et doser le cuivre dans les liqueurs filtrées et convenablement rapprochées. Dans ce cas, toutefois, il y a une petite quantité de cuivre qui se précipite avec le sesquioxyde de fer et qui est perdue pour l'analyse.

Le sulfate de cuivre contenant environ le quart de son poids de cuivre, il faut en faire l'essai sur 4 grammes pour avoir approximativement un gramme de métal : on dissout ces 4 grammes dans une petite quantité d'eau, et l'on fait bouillir la dissolution avec quelques gouttes d'acide nitrique, afin de peroxyder le fer, s'il y en a (1). On ajoute alors 50 centimètres cubes d'ammoniaque, et l'on opère comme pour un alliage.

(1) Lorsqu'on n'a pas soin de peroxyder le fer, on emploie une moins grande quantité de sulfure de sodium, à

Lorsqu'un premier essai, fait ainsi sur 4 gram., prend beaucoup moins de sulfure de sodium que la quantité nécessaire pour décolorer 1 gramme de cuivre, il devient utile de faire un second essai, en prenant un poids du même sulfate contenant approximativement 1 gramme de métal.

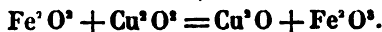
Application du nouveau mode de dosage à la recherche de quantités extrêmement petites de métaux étrangers, et particulièrement de zinc, dans le cuivre.

On a vu que le cuivre était précipité de ses dissolutions par les sulfures avant le plomb, l'antimoine, le zinc, le cadmium, le fer, le bismuth et l'arsenic. On a vu, d'une autre part, que ces sulfures, en contact avec du nitrate de cuivre ammoniacal, le décoloraient rapidement en produisant du sulfure de cuivre. J'ai profité de cette propriété pour reconnaître dans les cuivres du commerce, dans les alliages et dans les sels, et principalement dans le sulfate, des quantités infiniment petites de zinc.

J'ai dissous dans l'acide nitrique 10 grammes de cuivre et 5 milligrammes de zinc. La liqueur, sursaturée par l'ammoniaque, a été précipitée à la température de son ébullition par un léger excès

---

cause de la réduction du cuivre à laquelle le protoxyde de fer donne lieu dans l'ammoniaque. En effet, M. Levol a démontré l'exactitude de la réaction suivante :



$$Fe^2O^2 + Cu^2O^2 = Cu^2O + Fe^2O^3.$$

Le sulfure formé est alors un protosulfure CuS. On pourrait, jusqu'à un certain point, déterminer le fer par la différence de deux expériences faites, l'une en le peroxydant, l'autre en le laissant au minimum.

de sulfure de sodium. Le précipité, formé d'oxysulfure de cuivre $5CuS+CuO$, et de sulfure de zinc, a été séparé de la liqueur qui le surnageait, et chauffé un instant avec de l'ammoniaque et quelques centigrammes de nitrate de cuivre. Le sulfure de zinc est rentré en dissolution dans la liqueur, et celle-ci a été décantée dans un petit matras où l'on a précipité à chaud tout le cuivre par la dissolution de sulfure de sodium. Après la décoloration de la liqueur, il s'est produit, avec le même sulfure alcalin, un précipité parfaitement blanc de sulfure de zinc qu'il a été facile de recueillir sur un filtre. On conçoit que si l'on avait employé trop de sulfure de sodium à la fois, et précipité le zinc en même temps que les derniers milligrammes de cuivre, on conçoit, dis-je, qu'il serait facile, nonobstant cela, de retrouver le zinc sans recommencer l'expérience; il suffirait d'ajouter une très-faible quantité de cuivre ammoniacal dans le matras, de faire rentrer ainsi le zinc en dissolution, de décolorer la liqueur par le sulfure alcalin, de manière à arriver enfin à obtenir le précipité blanc caractéristique du zinc.

Lorsque la proportion du zinc renfermé dans un alliage de cuivre s'élève à 5 ou 6 millièmes, on reconnaît facilement sa présence par la formation d'un précipité blanc qui a lieu avec le sulfure de sodium aussitôt que la liqueur est décolorée.

L'oxysulfure de cuivre $5CuS+CuO$, n'agit pas, lorsqu'il est pur, sur une dissolution de cuivre ammoniacale, pourvu que la température du mélange ne dépasse pas 75 degrés; mais si cet oxysulfure est mêlé avec les sulfures de zinc, de cadmium, d'antimoine, de plomb, de bismuth, etc., il agira sur le sel de cuivre pour le décolorer, et

l'on conçoit que cette décoloration pourra servir d'indice utile sur la présence d'un métal étranger mêlé au cuivre qu'il s'agira d'examiner.

En résumé, je considère comme un des caractères les meilleurs de la pureté du cuivre, la propriété que présente son oxysulfure 5Cu+SCuO, de ne pas agir sur le nitrate de cuivre ammoniacal.

Bien entendu que, quand on voudra appliquer cette propriété à reconnaître si le cuivre est impur, il ne faudra jamais oublier de former l'oxysulfure en présence d'un léger excès de sulfure alcalin, puisque les métaux autres que le cuivre sont précipités en dernier lieu.

La présence du zinc est, dit-on, nuisible à la qualité du bronze; elle détermine de nombreuses alvéoles dans l'âme des canons. Quoi qu'il en soit de ces craintes, que ne partagent pas tous les officiers d'artillerie, il sera désormais facile de constater, dans l'alliage des bouches à feu, des quantités de zinc infiniment petites, moindres, par exemple, d'un millième de leur poids. Il n'y aura d'autres modifications à apporter au procédé indiqué ci-dessous que celle qui consiste à séparer, par le filtre, l'acide stannique de la dissolution nitrique du cuivre.

---

33. *Solubilité de l'*OXYDE DE PLOMB *dans l'eau pure*; par M. Jorke. (Institut, n° 642, p. 140.)

On sait que l'oxyde de plomb se dissout dans l'eau pure. Le liquide l'abandonne en passant sur le filtre, mais l'action s'arrête au bout d'un certain temps et on obtient de l'oxyde de plomb avec l'eau. Plusieurs autres corps poreux et organiques agis-

sent comme le papier, en absorbant l'oxyde de plomb.

---

34. *Sur la dissolution de l'*OXYGÈNE *dans la* LITHARGE *en fusion, etc.;* par M. F. Leblanc. (Ann. de Ch., t. XVI, p. 480.)

On sait que la litharge, pour être acceptée par le commerce, doit offrir certaines propriétés qui dépendent de la durée du refroidissement de la matière qui s'écoule du four de coupelle. La litharge refroidie promptement est jaune ou jaune verdâtre; celle qui refroidit lentement change de couleur et de structure, et le commerce la préfère généralement.

M. Fournet admettait que les litharges rouges devaient leurs propriétés à un excès d'oxygène, M. Thénard n'a pas partagé cette opinion, par la raison que la litharge ne pouvait pas se suroxyder à la température des fourneaux de coupelle. Il a admis comme possible une dissolution de l'oxygène dans la litharge en fusion analogue à celle de ce même gaz dans l'argent fondu.

M. Pernollet, directeur des usines de Poullaouen, avait déjà remarqué que la litharge en fusion tenait un gaz en dissolution en proportions variables, suivant la période de l'opération, et que ce gaz tendait à se dégager au moment de la solidification. M. Leblanc a pris de la litharge à divers degrés de pureté et a recueilli les gaz qui s'en sont dégagés. L'analyse de ces gaz y a indiqué de 82 à 90 pour 100 d'oxygène. 1 kilog. de litharge donne au moins 50 cent. cubes de gaz.

Les litharges noires ne donnent pas notable-

ment de gaz, ce qui doit être puisqu'elles renferment des éléments sulfurés oxydables.

La litharge paraît donc posséder la même propriété que l'argent fondu. Elle se comporte comme la plupart des liquides en contact avec les gaz sur lesquels ils n'ont point d'action chimique.

Les litharges suffisamment pures sont recueillies à Poullaouen à leur sortie du fourneau de coupelle dans des pots en fer coniques de 30 litres environ de capacité. La litharge se solidifie bientôt à la surface; elle est jaune. Quelque temps après, la masse se brise, se fendille en tous sens et s'épanouit en une masse friable, cristalline et d'une couleur rouge prononcée. La croûte extérieure seule reste jaune et compacte. Le phénomène s'opère quelquefois avec une sorte d'explosion. M. Leblanc pense que le dégagement de l'oxygène pendant la solidification joue un rôle mécanique dans l'exfoliation de la litharge.

M. Leblanc considère la litharge rouge comme une simple modification isomérique de la litharge jaune. En effet, traitée par l'acide nitrique, elle ne fournit pas d'oxyde puce : la chaleur n'en dégage pas d'oxygène.

---

35. *Étude d'un phénomène observé dans les fabriques de* CARBONATE DE PLOMB; par M. Payen. (Ann. de Ch., t. XVI, p. 231.)

Dans les fosses où, durant 30 à 40 jours, le plomb se carbonate sous des influences très-complexes, les poutrelles en chêne et les planches en bois blanc ou sapin qui séparent les couches, éprouvent une altération profonde que tous les manufacturiers considèrent comme une véritable

carbonisation. Les bois, en effet, présentent, après avoir servi huit à dix fois, les caractères extérieurs du charbon : noirs ou bruns, légers, cassant sous le moindre effort, ils brûlent presque sans flamme.

M. Payen a examiné ces produits et a constaté les faits suivants :

1° Le produit appelé charbon des fosses à céruse ne renferme pas de charbon libre ;

2° La matière incrustante des fibres a été transformée en une substance brune, soluble dans l'eau, qui contient de l'ammoniaque en combinaison, et en trois autres matières solubles dans les alcalis.

Un échantillon du charbon des cérusiers traité par des dissolvants succesifs a donné :

Matière grasse soluble dans l'éther.	0,20
Substance brune soluble dans l'eau.	22.55
Id. *id.* dissoute par l'eau ammoniacale.	21,45
Id. *id.* dissoute par la potasse bouillante.	39,00
Tissu végétal altéré.	9,80
Acétate d'ammoniaque.	1,00
Sable, matière terreuse, phosphate de chaux, sulfure de plomb.	6,30
	100,00

Une analyse élémentaire d'une poutrelle en chêne altérée a donné :

Carbone. . .	54,65
Hydrogène. .	4,77
Oxygène. . .	32,48
Azote.	8,10
	100,00

L'azote se trouve dans cette matière à l'état d'ammoniaque.

36. *Sur le rochage de l'*Argent; par M. H. Rose. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 283.)

Jusqu'à présent on n'avait observé le phénomène du rochage que quand la surface du métal était en contact avec l'air. M. H. Rose a reconnu qu'il peut se produire dans d'autres circonstances.

L'argent pur fondu sous une couche de potasse ou de sel marin, ou des deux ensemble, se refroidit avec une surface unie et nette. Mais si, dans la masse en fusion, on jette quelques cristaux de nitrate de potasse ou de soude, et qu'on laisse refroidir lentement, on trouvera que le métal a roché sous la couche de sel qui peut être épaisse de 8 à 10 centimètres. En se décomposant, le nitrate employé a donc fourni l'oxygène nécessaire à la production du rochage, et il est à remarquer que cet oxygène pénètre jusqu'au fond du creuset.

Si la substance oxydante, que l'on jette dans la masse saline, laisse échapper trop facilement son oxygène, comme le chlorate de potasse, le rochage n'a pas lieu.

Le bichromate de potasse agit comme le nitrate, en reprenant par l'eau la masse saline refroidie, on dissout le sel marin et le chromate neutre de potasse et il reste de l'oxyde de chrome en écailles minces.

Le peroxyde de manganèse ne produit aucun effet.

Pendant le contact prolongé de l'argent et du sel marin en fusion, il se produit une quantité notable de chlorure d'argent, et comme la masse saline reprise par l'eau donne une solution qui n'offre aucune réaction alcaline, il est probable que le sodium, provenant du sel marin décom-

posé, se volatilise à l'état de soude. On a chloruré ainsi, dans divers essais, 2,7, 1,29 et 1,12 p. 0/0 de l'argent employé.

Le cuivre fondu sous une couche de sel marin se chlorure également en partie; et, si l'on traite de la même manière un alliage de cuivre et d'argent, le cuivre se chlorure de préférence à l'argent et le préserve.

Le cuivre et le bismuth offrent aussi pendant leur fusion le phénomène du rochage; mais, pour ces deux métaux, les causes qui produisent ce phénomène sont incontestablement d'une autre nature, ainsi que Karsten l'a fait observer dans son *Système de métallurgie* (ouvr. all., t. V, p. 47).

L'or ne roche pas.

M. H. Rose a très-souvent solidifié de grandes quantités de mercure, sans jamais rien remarquer de phénomène analogue à celui du rochage.

L'oxyde de plomb, au contraire, lorsqu'il est fondu, absorbe une certaine quantité d'oxygène qu'il dégage en se solidifiant (Voir plus haut, p. 520.)

37. *Note sur un moyen d'essayer par la voie humide l'*ARGENT *contenant du* MERCURE; par M. Levol. (Ann. de Ch., t. XVI, p. 504.)

On sait que l'essai des matières d'argent par le procédé de M. Gay-Lussac ne donne pas d'indications parfaitement exactes dans le cas très-rare où l'argent contient du mercure. On est exposé, dans ce cas, à trouver un titre trop fort, mais on est averti de la présence d'une petite quantité de chlorure de mercure dans le chlorure d'argent;

parce que celui-ci ne noircit plus sous l'action de la lumière.

M. Levol est parvenu à des résultats exacts avec de l'argent qui contenait jusqu'à 1/10 de son poids de mercure. Pour cela, il ajoute à la dissolution de la prise d'essai dans l'acide nitrique de l'ammoniaque caustique pour la sursaturer, puis la liqueur normale; il fait reparaître ensuite le chlorure d'argent en sursaturant la liqueur d'acide acétique, puis il termine l'essai comme à l'ordinaire. Les résultats obtenus sont très-exacts; les liqueurs s'éclaircissent suffisamment par simple agitation et le précipité se colore à la lumière, ce qui prouve qu'il ne renferme pas de mercure.

M. Gay-Lussac a publié (*Ann. de ch.*, t. XVII, p. 232) quelques observations sur la note précédente. Il a constaté l'exactitude du procédé de M. Levol, mais il le simplifie en ajoutant à la dissolution nitrique de l'argent de l'acétate d'ammoniaque en quantité suffisante pour saturer tout l'acide nitrique libre ou combiné à l'argent. Il se précipite de l'acétate d'argent. On verse alors dans la liqueur la mesure normale de sel marin et l'on termine l'essai comme à l'ordinaire.

On peut remplacer l'acétate d'ammoniaque par celui de soude et l'acide nitrique par l'acide sulfurique pour dissoudre l'argent, sans que le titre trouvé cesse d'être exact. La condition essentielle à remplir, d'après M. Gay-Lussac, c'est que l'acide minéral, nitrique ou sulfurique, soit saturé exactement par l'acétate de soude ou celui d'ammoniaque.

---

38. *Sur le traitement du* PALLADIUM ; par

MM. Schmidt et Johnston. (Institut, n° 634, p. 65.)

MM. Schmidt, essayeur de la banque de Londres, et Johnston, ont présenté à l'Académie des sciences, par l'intermédiaire de M. Dumas, plusieurs échantillons de palladium consistant en un lingot de ce métal, une lame et une masse de palladium spongieux, extrait des minerais aurifères de la mine Gongo-Sono, au Brésil. Déjà 6.000 onces de ce métal ont été extraites de ce minerai qui renferme du palladium, de l'or, de l'argent, du cuivre et du fer. Le minerai est traité par l'acide nitrique. On précipite l'argent par le sel marin. Des lames de zinc précipitent le palladium et le cuivre. On redissout ces métaux dans l'acide nitrique et la solution est sursaturée d'ammoniaque qui dissout le cuivre. Le sel ammoniacal de palladium est calciné et donne une éponge que l'on forge comme le platine.

---

39. *Recherches sur le* RUTHÉNIUM *et l'*IRIDIUM; par M. Claus. (Ann. de Pogg., t. LXIX, p. 234.)

Nous avons déjà fait connaître (Annales des mines, 4e série, t. VIII, p. 234) les détails fournis par M. Claus sur un métal particulier, le *ruthénium*, trouvé dans les résidus du traitement des minerais de platine. Voici de nouveaux renseignements sur ce métal :

Les résidus du minerai de platine de l'Oural et de la Colombie renferment de 1 à 1/2 p. 100 de ruthénium. Dans l'osmiure d'iridium on trouve de 3 à 6 p. 100 de ruthénium, environ 10 p. 100 de

platine, 1 1/2 à 2 p. 100 de rhodium, et des traces de cuivre, de fer et de palladium.

Pour extraire le ruthénium, M. Claus opère ainsi qu'il suit :

On pulvérise l'osmiure d'iridium dans un mortier en fonte; la poudre lavée par l'acide chlorhydrique est mélangée avec du sel marin, puis traitée au rouge faible par le chlore gazeux humide. On reprend la matière par l'eau froide, puis, à la solution brune et opaque obtenue, on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque; en la chauffant dans une capsule de porcelaine, il se produit un volumineux précipité brun-rouge de sesquioxyde de ruthénium et d'oxyde osmique. Ce précipité est traité par l'acide nitrique et chauffé dans une cornue jusqu'à complète transformation de l'osmium en acide osmique qui se volatilise. Le résidu qui reste dans la cornue est alors calciné pendant une heure dans un creuset d'argent avec du nitre et de la potasse caustique, puis repris par l'eau distillée froide; après un repos de deux heures dans un flacon fermé, la liqueur orange et transparente est séparée par décantation et neutralisée par l'acide nitrique; il se précipite alors du sesquioxyde de ruthénium d'un noir velouté qui, réduit par l'hydrogène, fournit le ruthénium pur à l'état métallique.

L'osmiure d'iridium ne s'attaque que difficilement par le chlore; aussi M. Claus recommande de réitérer l'attaque à plusieurs reprises.

Le ruthénium s'obtient en petits morceaux anguleux à éclat métallique, poreux et assez semblables à l'iridium. Sa densité est seulement de 8,6 à 16°. Il est très-cassant, infusible au chalumeau à gaz oxygène et hydrogène, et presque

insoluble dans les acides. L'eau régale même n'en dissout que des traces.

Parmi les métaux associés au platine, le ruthénium est, après l'osmium, celui qui a le plus d'affinité pour l'oxygène.

M. Claus décrit quatre degrés d'oxydation :

1° Le *protoxyde* (RuO) s'obtient en calcinant fortement, dans un courant d'acide carbonique, un équivalent de chlorure de ruthénium ($RuCl^2$) avec un excès de carbonate de soude. La masse épuisée par l'eau laisse une poudre métallique d'un noir-gris insoluble dans les acides, et que l'hydrogène réduit à la température ordinaire. C'est un oxyde anhydre contenant 0,866 de ruthénium. On n'a pu préparer son hydrate.

2° *Sesqui-oxyde* (Ru^2O^3). On chauffe fortement au rouge, dans un creuset de platine, le métal en poudre; il noircit et absorbe très-promptement 18 p. 100 d'oxygène; puis l'oxydation marche plus lentement et l'oxyde devient d'un noir-bleu après avoir absorbé 23 à 24 p. 100 d'oxygène. Le grillage continuant, on peut encore faire absorber à l'oxyde un peu d'oxygène, cependant il n'est pas possible de l'amener à l'état de peroxyde.

L'*hydrate de sesqui-oxyde* (Ru^2O^3+3Aq) s'obtient en précipitant le sesquichlorure par les alcalis. Malgré des lavages réitérés, il retient toujours un peu d'alcali. C'est une poudre brune, qui donne avec les acides une solution orange. Chauffé, il entre subitement en ignition, et ne peut être complétement réduit par l'hydrogène à la température ordinaire. Il est insoluble dans les alcalis.

3° *Bi-oxyde* (RuO^2). On l'obtient par la calcination du sulfure de ruthénium (RuS^2) ou du sulfate (RuO^2+2SO^3); c'est une poudre d'un noir-

bleu tirant sur le vert et insoluble dans les acides.

Son hydrate n'a pas été analysé. M. Claus lui attribue la formule $RuO^2 + 2Aq$. C'est le précipité gélatineux et brun-jaune obtenu en ajoutant du carbonate de soude à la solution concentrée du chlorure double de potassium et de ruthénium. Cet hydrate retient beaucoup d'alcali, et donne avec les acides une solution jaune qui devient rose par l'évaporation. Chauffé dans une cuillère de platine, il détonne avec violence en se dispersant.

4° L'*acide ruthénique* n'a pu être isolé, il existe à l'état de ruthéniate basique de potasse dans la solution du ruthénium calciné avec de la potasse et du nitre. M. Claus n'a pu parvenir à faire cristalliser le ruthéniate de potasse, même en remplaçant le nitre par le chlorate de potasse. La solution a une belle couleur orangée; elle noircit les corps organiques. Les acides en précipitent immédiatement un oxyde noir, qui retient avec force quelques centièmes d'alcali ou d'acide, suivant que la liqueur est elle-même alcaline ou acide. Cet oxyde noir est de l'hydrate de sesquioxyde.

Chlorures de ruthénium.

En faisant arriver du chlore sec sur du métal faiblement chauffé, on remarque d'abord une vapeur jaune qui est probablement un perchlorure volatil; le métal ne semble pas d'abord changer de poids, mais à la longue il noircit en même temps qu'il se sublime un peu de sesquichlorure. Au bout de deux heures il est transformé en chlorure noir en partie cristallisé; mais pour que la réaction soit complète, il est bon de pulvériser ce premier produit et de le soumettre de nouveau

au même traitement. On obtient ainsi constamment le *chlorure* RuCl. L'eau enlève à la masse obtenue une trace de sesquichlorure ; du reste elle est insoluble dans les acides (sauf que l'acide hydrochlorique lui enlève un peu d'oxyde en prenant la couleur du sesquichlorure), et très-peu soluble dans la potasse caustique, même en évaporant jusqu'à siccité.

1° *Chlorure bleu*. En traitant quelque temps, par l'hydrogène sulfuré, une solution de sesquichlorure de ruthénium, il se précipite un sulfure noir-brun, et le liquide devient d'un beau bleu d'outremer. En éliminant l'hydrogène sulfuré par un courant d'air, il reste une solution acide de chlorure bleu. Ce chlorure bleu ne peut s'obtenir directement sous forme solide, ni même engagé dans une combinaison double ; il se transforme très-facilement en sesquichlorure.

2° Le *sesquichlorure* (Ru^2Cl^3) s'obtient en dissolvant dans l'acide chlorhydrique le sesquioxyde précipité du ruthéniate de potasse par un acide. Ce chlorure est déliquescent, sa saveur est fortement astringente, mais non métallique ; il donne, dans l'eau ou dans l'alcool, une solution orangée en laissant un sel basique jaune insoluble. Par la chaleur, cette solution se décompose en acide hydrochlorique libre et en hydrate de sesquioxyde. Cette décomposition s'effectue également, mais incomplétement, au bout de quelques jours, à la température ordinaire.

3° Le *perchlorure* ($RuCl^2$) n'a pu être isolé, mais il forme un sel double avec le chlorure de potassium.

Chlorures doubles.

1° *Sesquichlorure de ruthénium ou de potassium.* ($2KCl + Ru^2Cl^3$). Ce sel est complétement insoluble dans l'alcool à 80°. Cependant l'alcool ajouté dans une solution concentrée de ce sel n'en précipite qu'une partie. De plus, lorsque ce sel double est mélangé avec un autre chlorure métallique soluble dans l'alcool, plus la proportion de ce dernier sel est considérable, moins l'alcool concentré précipite de chlorure double. Cristallisé, il est très-peu soluble dans une solution concentrée de sel ammoniac.

2° Le *sesquichlorure de ruthénium et d'ammonium* ($2AzH^4Cl + Ru^2Cl^3$) s'obtient facilement en mélangeant une solution concentrée de sesquichlorure de ruthénium avec du sel ammoniac, et évaporant après addition d'une faible quantité d'acide nitrique. Ce sel ressemble beaucoup au précédent; il est peu soluble dans l'eau, et ne cristallise qu'en solution très-concentrée.

3° *Chloride de ruthénium et de potassium* ($KCl + RuCl^2$). La transformation du sesquichlorure de ruthénium en perchlorure est extrêmement difficile : on n'y parvient qu'en décomposant le ruthéniate de potasse par un excès d'acide nitrique. La liqueur qui en provient est brune et donne d'abord des cristaux de nitre par l'évaporation avec un peu d'acide hydrochlorique; elle devient ensuite rose et laisse déposer un sel rouge cristallisé que l'on lave d'abord avec une solution de sel ammoniac, puis avec de l'alcool. Au microscope, on reconnaît que ces cristaux sont des prismes roses, transparents, surmontés d'un pointement. Ce sel est soluble dans l'eau, insoluble

dans l'alcool à 70°, et très-peu soluble dans une solution concentrée de sel ammoniac. Sa solution aqueuse est rose tirant sur le violet, et ne peut être distinguée de celle du chloride double de rhodium et de sodium; l'hydrogène sulfuré ne l'attaque que fort peu et sépare, au bout de quelque temps seulement, une petite quantité de sulfure jaune-brun, sans que le liquide perde sa couleur rose. Une addition d'alcali ne précipite rien; mais, si on l'évapore, il se sépare un hydrate d'oxyde gélatineux, jaune-brun, contenant beaucoup d'alcali et qui, chauffé dans une cuillère de platine, devient soudain incandescent et produit une légère explosion.

Sulfures. M. Claus pense qu'il doit exister des sulfures correspondant à un ou plusieurs des degrés d'oxydation du ruthénium, mais il n'a pas encore trouvé de méthode certaine pour les préparer. Les produits se décomposent très-facilement et on ne peut accorder aucune confiance aux résultats obtenus.

Sulfate. En traitant la solution de sesquichlorure (Ru^2Cl^3), pendant plusieurs heures, par l'hydrogène sulfuré, on obtient un sulfure jaune-brun (RuS^2) qui se transforme en sulfate ($RuO^2 + 2SO^3$) par l'action de l'acide nitrique. Ce sulfate donne une dissolution orange qui, par l'évaporation, laisse une masse amorphe, jaune, absorbant facilement l'humidité. Ce sel, pulvérisé, a beaucoup de ressemblance avec l'or mussif. Il se dissout facilement dans l'eau, et n'est pas immédiatement précipité par les alcalis; mais, par l'évaporation, il abandonne de l'hydrate de deutoxyde gélatineux jaune-brun.

Iridium.

D'après M. Claus, ce qu'on regardait jusqu'ici comme de l'iridium pur était un mélange de ruthénium et d'iridium.

Le sesquichlorure double d'iridium et de potassium a une légère teinte olive et donne une poudre blanche. A froid, les alcalis sont sans action sur sa solution; mais si l'on chauffe quelque temps, la solution devient bleu d'indigo et laisse déposer de l'oxyde d'iridium bleu ($IrO^2 + 2Aq$). Avec un excès de chlorure de potassium, le sesquichlorure ne s'altère pas. Ce sel cristallise en petits prismes brillants ayant la forme du pyroxène. Ils perdent leur eau et leur transparence par la chaleur en devenant plus pâles; leur composition est représentée par la formule :



$$3KCl + Ir^2Cl^3 + 6Aq.$$

L'iridium pur calciné pendant deux heures, dans un creuset d'argent, avec une quantité de nitre suffisante, fournit une masse d'un noir-vert, qui donne avec l'eau une solution d'un bleu d'indigo intense (iridiate basique de potasse), et une poudre cristalline d'un noir-bleu (iridiate acide de potasse). Après le lavage, cette poudre, parfaitement neutre et insipide, dégage beaucoup de chlore quand on l'arrose avec de l'acide chlorhydrique et s'y dissout en totalité. Elle se compose de :

Iridium. . . .	61,79
Oxygène. . .	14,99
Potasse. . . .	11,89
Eau.	11,33
	100,00

Cependant la potasse s'élève quelquefois jus-

qu'à 14 p. o/o, tandis que l'iridium et l'oxygène sont constamment dans le rapport de 1 équivalent à 3 équivalents.

Le chlorure bleu, obtenu en dissolvant cet iridiate acide dans l'acide chlorhydrique, est très-peu stable. Il devient promptement vert de chrome, et se transforme, par l'action de la chaleur, en chlorure d'iridium rouge ($IrCl^2$).

M. Claus n'a pu obtenir l'oxyde d'iridium décrit par M. Berzélius et tout le porte à croire que le sel analysé par M. Berzélius contenait du ruthénium.

Quant au sesquioxyde (Ir^2O^3), on ne peut le produire que dans certaines conditions. Ainsi, en traitant par la potasse une certaine quantité de sesquichlorure d'iridium, il ne se forme pas d'abord de précipité; mais si l'on chauffe pendant quelque temps, la liqueur devient bleu d'indigo et laisse déposer de l'hydrate de bioxyde ($IrO^2 + 2Aq$) en absorbant vivement l'oxygène de l'air.

On obtient le sesquioxyde d'iridium en mélangeant le sesquichlorure double avec du carbonate de soude et le décomposant dans un courant d'acide carbonique à l'aide d'une chaleur modérée qui ne réduit pas l'oxyde. Après le lavage avec l'eau, le sesquioxyde reste sous forme de poudre noire insoluble dans les acides. Ce sesquioxyde donne un hydrate soluble, blanc verdâtre, qui passe très-facilement à l'état d'hydrate de bioxyde.

L'oxyde le plus stable et le plus facile à obtenir est celui correspondant au bichlorure $IrCl^2$. Il se produit toujours quand on soumet à une chaleur soutenue un mélange d'alcali et d'un chlorure quelconque d'iridium. En reprenant par l'eau, cet

oxyde se dépose sous la forme d'un précipité indigo volumineux, lequel retient encore, même après un lavage prolongé à l'eau bouillante, de 3 à 4 p. 100 d'alcali. Sa composition est représentée par la formule $IrO^2 + 2Aq$, et à l'état anhydre il contient 14 p. 100 d'oxygène. Chauffé dans un courant d'acide carbonique, il entre en incandescence, devient noir, anhydre, insoluble dans les acides et perd en même temps de 1 à 1 1/2 p. 100 d'oxygène. Cet oxyde est presque insoluble dans les acides sulfurique et nitrique étendus; l'acide chlorhydrique le dissout complétement, bien que lentement; la solution est d'abord indigo, puis verte, enfin, si on la chauffe, elle devient rouge-brun et se change en bichlorure d'iridium (IrO^2).

L'action des alcalis sur le bichlorure d'iridium est très-remarquable : en mélangeant le chlorure double d'iridium et de potassium ($KCl + IrCl^2$) avec une petite quantité de potasse en solution modérément concentrée, il se transforme presque complétement en une poudre cristalline vert clair, qui présente au microscope la forme et la couleur des cristaux de sesquichlorure double; la potasse ne les décompose pas; l'eau les dissout, et traités par l'acide nitrique ils se transforment en bichlorure. Le mélange d'une solution assez concentrée de chlorure d'iridium et de potasse caustique donne d'abord un précipité cerise en très-petits cristaux : c'est le chlorure double d'iridium et de potassium, qui se dissout bientôt en communiquant à la liqueur une couleur olive. En ajoutant alors de l'alcool concentré, on sépare un précipité blanc tirant sur le vert, qui paraît être un sesquichlorure double d'iridium et de potassium en poudre fine, très-soluble dans l'eau.

M. Claus explique ces réactions en admettant que la potasse enlève du chlore au sel double et le transforme en un mélange de chlorure de potassium et de chlorate de potasse.

Il résulte de ce qui précède, qu'en suivant la méthode proposée par M. Doebereiner pour le traitement des minerais de platine, le lait de chaux versé tout d'abord dans la solution régale du minerai de platine transforme le bichlorure d'iridium en sesquichlorure, lequel donne ensuite avec le sel ammoniac un sel double très-soluble, tandis que le sel double de platine correspondant est insoluble et se précipite. Les autres alcalis agissent de même, mais la chaux permet en outre de séparer une partie de l'iridium.

L'acide sulfureux, l'hydrogène sulfuré, le cyanoferrure de potassium, l'alcool, etc., ramènent également le bichlorure d'iridium à l'état de sesquichlorure; mais bien que dans certains cas on sépare du métal, on n'obtient jamais de protochlorure.

En traitant l'iridium pulvérulent par le chlore il se forme un chlorure gris-vert qui n'est, suivant M. Claus, qu'un mélange de sesquichlorure et de métal.

Platine.

En raisonnant par analogie, M. Claus avait pensé qu'en réduisant le bichlorure de platine par l'acide sulfureux, il serait peut-être possible d'obtenir un sesquichlorure de platine (Pt^2Cl^3) correspondant à ceux d'iridium et de ruthénium; mais cette combinaison ne paraît pas exister. Du moins, en ajoutant du chlorure de potassium à une solution de bichlorure neutre de platine traitée par l'acide sulfureux jusqu'à ce qu'elle ne préci-

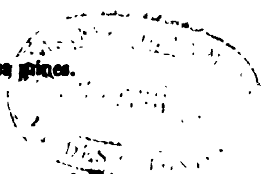
pite plus par le sel ammoniac, M. Claus a obtenu un sel couleur de chair et gélatineux qui se transforme bientôt en petits cristaux prismatiques oranges. Ce sel, facilement soluble dans l'eau, a la composition du sel de Magnus (KCl + PtCl).

Calciné fortement avec du nitre, dans un creuset d'argent, le noir de platine a fourni une masse qui donne avec l'eau une solution jaune contenant un peu d'oxyde de platine et de la potasse. Le résidu brun insoluble, bien lavé et traité par l'acide chlorhydrique se dissout en partie sans le moindre dégagement de chlore : il se forme du bichlorure de platine, du chlorure double de platine et de potassium, et il reste du platine métallique. On n'obtient donc pas ainsi de peroxyde de platine (PtO^3).

RAPPORT

Sur l'explosion de la chaudière du bateau à vapeur le Concurrent n° 5, *qui a eu lieu à Corbeil, le* 3 *juillet* 1846.

Par M. COMBES, ingénieur en chef des mines.



Le bateau à vapeur *le Concurrent*, n° 5, appartenant à MM. Cochot frères, avait été autorisé à faire un service de passagers entre Paris et Montereau, pendant l'année 1846, par un arrêté de M. le préfet de police, en date du 15 avril 1846. Le rapport de la commission de surveillance de Paris, visé dans l'arrêté ci-dessus, constate que la chaudière a subi une nouvelle épreuve, pour les pressions de 2 at. 1/2, le 23 mars précédent; qu'elle est d'ailleurs munie de deux soupapes, dont les poids et leviers sont vérifiés et poinçonnés, de deux tubes indicateurs du niveau de l'eau en verre, d'un flotteur, d'un manomètre à air comprimé, en un mot de tous les appareils de sûreté prescrits par l'ordonnance royale du 23 mai 1843; que les pompes alimentaires sont suffisantes et en bon état; que ce bateau a d'ailleurs été déjà permissionné en 1845, pour un service de passagers entre Paris et Saint-Cloud. **Exposé.**

Les *fig.* 1 à 4, *Pl. XV*, montrent que la chaudière était formée d'une enveloppe cylindrique, terminée par deux fonds plats, de $1^m,60$ de longueur et de $1^m,45$ de diamètre, surmontée d'un cylindre vertical, dans l'intérieur duquel débouchait le tuyau de prise de vapeur. Le plan d'eau normal

était établi à 28 centimètres en contre-bas de la génératrice supérieure du cylindre horizontal. L'espace rempli d'eau était traversé : 1° par deux conduits en tôle A et A' qui recevaient la flamme et les fumées du foyer établi en avant de la chaudière et la conduisaient dans une boîte fermée *e* (*fig.* 1), située sur l'arrière. De cette boîte, les gaz revenaient à la cheminée placée sur le devant, par 23 tubes en fer étiré *d*, qui reliaient entre eux les fonds plans de la capacité cylindrique, et dont la rangée supérieure était à un décimètre au-dessous du plan d'eau normal. La section de chacun des conduits ou carneaux A et A' est, ainsi que l'indique la *fig.* 2, un triangle à côtés curvilignes. Les parois de ces carneaux sont formées de feuilles de tôle cintrées suivant des arcs de cercle d'environ $0^m,70$ de rayon, et dont un des bords a été plié à angle vif, pour former une cornière qui est réunie par une ligne de rivets au bord superposé de la paroi contiguë. Les deux parois *a b*, *a' b'*, des deux conduits laissent entre elles un espace rempli d'eau, dont la moindre largeur est de $0^m,15$. Pour que ces conduits pussent résister à la pression intérieure de la vapeur, on avait relié les parois *a b*, *a' b'*, entre elles, et les parois *a c*, *b c*— *a' c'*, *b' c'*, à l'enveloppe cylindrique extérieure, par six boulons en fer *f*, à vis et écrous, disposés par trois, dans deux plans normaux à l'axe de la chaudière (*fig.* 2).

Le foyer est situé en avant de la chaudière, sous une voûte formée par onze petits bouilleurs accolés *g*, remplis d'eau, branchés sur un même tuyau *h* courbé en arc de cercle, et établi contre le fond plan antérieur de la chaudière, au-dessus des conduits A, A' ; ces bouilleurs communiquent,

à leur seconde extrémité, avec un autre tuyau supérieur *k* également cintré, et sur le sommet duquel s'embranche un tuyau recourbé *m m'*; celui-ci débouche dans la chaudière, où il porte l'eau qui a circulé dans le système de tuyaux établis en dessus de la grille.

Il est évident que les parois des carneaux A et A' de la chaudière n'étaient pas capables de résister à une pression élevée de la vapeur ; mais comme la pression effective correspondante au numéro du timbre n'était que d'une atmosphère et demie, que, d'ailleurs, les carneaux A et A' avaient supporté, sans aucune déformation, la pression d'épreuve triple de la pression effective ; la commission de surveillance de Paris crut devoir proposer à M. le préfet de police de délivrer le permis de navigation demandé.

Cependant la chaudière du *Concurrent* n° 5, fit explosion le 3 juillet 1846, au moment où le bateau, dans un voyage de Montereau à Paris, allait quitter le port de Corbeil où il s'était arrêté, pour déposer et prendre des voyageurs. MM. le sous-préfet, le juge d'instruction de Corbeil et le commissaire de police se rendirent immédiatement à bord, ainsi que M. Grenet, ingénieur des ponts et chaussées, président de la commission de surveillance instituée à Corbeil, et M. Ernest Saulnier, mécanicien à Chantemerle, employé dans les ateliers de M. Ferey. Ce dernier fut requis par M. le juge d'instruction de constater l'état des lieux et de rechercher les causes de l'accident, ce qu'il fit immédiatement. La copie du rapport de M. Saulnier a été communiquée, par l'autorité judiciaire, à M. le sous-préfet de Corbeil, et transmise à M. le sous-secrétaire d'État.

Le rapport du commissaire de police constate:

1° Que l'explosion a causé la mort de trois personnes, qui faisaient partie de l'équipage du bateau, savoir :

Jules Caffin, mécanicien.

Pierre Manchon, chauffeur.

Castagnet, id.

et occasionné des blessures à cinq personnes, dont une seule, le sieur Bathier, faisait partie de l'équipage; que les quatre passagers n'ont été que légèrement brûlés, et que trois d'entre eux ont pu quitter Corbeil le même jour.

2° Que l'accident a eu lieu au moment où les voyageurs pour Corbeil étant descendus, et ceux de Corbeil montés à bord, le commandement de *en route* venait d'être prononcé.

3° Que le mécanicien Jules Caffin n'était point demeuré à son poste, pendant la durée du stationnement au ponton de Corbeil, et qu'il a été frappé au pied même de l'escalier par lequel il venait de descendre, pour rentrer dans la chambre de la machine.

Le rapport du mécanicien Ernest Saulnier constate que le siége de l'explosion a été dans le grand conduit à fumée de gauche A, dont les parois ont été écrasées par la pression de la vapeur ; l'écrou de l'un des tirants qui reliaient la paroi du carneau à l'enveloppe cylindrique extérieure de la chaudière, a été détaché du tirant, dont le taraudage a été rompu, tandis que l'écrou d'un autre tirant a traversé la tôle de la paroi supérieure du même carneau, en la déchirant. L'eau chaude est sortie par ces déchirures ; la force expansive de la vapeur a détaché les portes du foyer, et fait sauter le remplissage en maçonnerie

de briques, qui garnissait les intervalles des petits tuyaux formant la voûte du foyer. Les hommes de l'équipage, qui se trouvaient dans la chambre de la machine, ont été brûlés par l'eau chaude. Tous les appareils de sûreté ont d'ailleurs été trouvés en bon état, sauf un flotteur à sifflet dont la tige était entourée de filasse, qui semblait avoir été placée là pour arrêter une fuite de vapeur, et qui vraisemblablement paralysait le jeu de cet appareil.

Il a été impossible au sieur Saulnier de savoir si, pendant le temps du stationnement à Corbeil, on a fait jouer la pompe alimentaire à bras, qui se trouvait à bord. Il n'a pas pu reconnaître non plus si le robinet du tuyau d'alimentation de la pompe, conduite par la machine, était tourné, au moment de l'accident, de manière à conduire dans la chaudière ou à rejeter dans la rivière, l'eau foulée par la pompe alimentaire, dont toutes les pièces et notamment les clapets étaient en bon état.

Le bateau ayant été ramené à Paris deux jours après l'accident, je m'empressai de me rendre à bord, pour visiter la chaudière. J'examinai avec beaucoup de soin, par le trou d'homme que je fis ouvrir, la rangée supérieure des tubes de circulation de la fumée. Je n'y vis aucune déformation, aucune incrustation : je n'aperçus rien qui indiquât que ces tubes eussent été suréchauffés. En examinant le carneau de gauche, écrasé par la pression de la vapeur, je reconnus que les deux parois supérieure et inférieure s'étaient rapprochées, dans la partie voisine de l'arête commune de jonction, jusqu'à venir se toucher sur une longueur de plusieurs décimètres. La tôle était

rompue et tout à fait déchirée, au fond du pli ainsi formé; enfin la cornière qui servait à relier les extrémités de ce carneau au fond plan de la chaudière, était aussi rompue, de manière à laisser une fente de 2 centimètres, dans sa plus grande largeur. La forme du conduit écrasé est représentée par les *fig.* 3 et 4, *Pl. XV*; ainsi l'eau chaude, lors de l'explosion, n'a pas jailli seulement par le trou *x* et la déchirure *y*, mais encore par les deux déchirures qui se sont faites dans le pli des deux parois du carneau, et à la jonction de celles-ci avec le fond plan. Cela explique comment l'eau chaude est sortie en assez grande abondance, pour ne laisser à aucun des trois hommes de l'équipage qui se trouvaient dans la chambre de la machine, le temps de se sauver.

Les causes de l'explosion ne sauraient être attribuées à la mauvaise qualité de la tôle, qui était au contraire très-bonne. Tous les appareils de sûreté prescrits par les règlements étaient en bon état d'entretien. Les conduits de fumée à section triangulaire avaient une forme qui les rendait impropres à supporter de fortes pressions, et les tirants servant d'armatures n'étaient pas disposés de manière à suppléer efficacement au défaut de résistance des parois. Cependant le timbre n'était que de 2 1/2, la chaudière avait parfaitement supporté l'épreuve d'une pression triple (4 at. 1/2 *effectives*), quatre mois avant l'accident, et enfin le même bateau avait navigué pendant toute l'année précédente entre Paris et Saint-Cloud, sans que rien donnât lieu de penser que la chaudière n'offrait pas une résistance suffisante à la rupture.

M. Saulnier indique dans son rapport, comme cause probable de l'écrasement du carneau, un

accroissement subit et considérable de la pression intérieure de la vapeur, qui aurait eu lieu au moment où la machine à vapeur a dû être mise en train pour le départ. Il indique comme une des causes possibles de cet accroissement subit, le suréchauffement des tubes supérieurs de circulation de la fumée, par suite de l'insuffisance d'eau dans la chaudière; mais, ajoute-t-il, aucune circonstance, ni aucune remarque, ne peuvent prouver qu'il y avait ou qu'il n'y avait pas défaut d'alimentation. « Une dernière cause, continue » M. Saulnier, peut-être avancée, et c'est la plus » admissible dans ce cas, c'est la formation d'une » grande quantité de vapeur résultant de l'état de » repos dans lequel se trouvait la chaudière de- » puis quelque temps avant l'explosion; il est pos- » sible que pendant les dernières minutes de tran- » quillité parfaite du liquide la température de » l'eau se soit élevée de plusieurs degrés au-dessus » de celle correspondant à la tension que conser- » vait la vapeur, puis que, arrivée à un excès assez » fort pour rompre ce faux équilibre, ou à l'in- » stant d'une secousse dans la masse, produite par » l'ouverture d'un robinet, ou un mouvement du » bateau, cette chaleur se soit développée et ait » alors vaporisé instantanément un poids d'eau » correspondant à la quantité et à la température » de la vapeur déjà existante.

» Cette cause d'accident est prévenue quand » on a soin, lorsqu'on est sur le point de faire une » station, de ne pas laisser monter la tension de » la vapeur à son maximum, et pendant tout le » temps d'arrêt de décharger un peu les soupapes » et d'ouvrir faiblement le conduit de perte de » vapeur dans la Seine, autant pour empêcher

» un accroissement de pression que pour entretenir un mouvement continuel dans la masse. »

Cette dernière explication de l'accident, que M. Saulnier regarde comme la plus admissible, nous semble, au contraire, tout à fait invraisemblable. L'échauffement de l'eau liquide à une température supérieure à celle de l'ébullition, sous la pression exercée à sa surface, n'a été observée que sur de l'eau parfaitement privée d'air et contenue dans des vases en verre à parois lisses, et d'un petit diamètre. Nous n'avons rien aperçu de semblable dans l'intérieur d'une chaudière ordinaire, bien que nous ayons observé plusieurs fois, avec beaucoup de soin, dans des expériences auxquelles ont assisté souvent plusieurs membres de la commission, l'ascension du mercure dans le tube d'un manomètre qui accusait la pression de la vapeur dans une chaudière, pendant que celle-ci était chauffée sans émission de vapeur, et la chute du mercure qui succédait à l'ouverture d'une soupape. Toujours l'ascension, comme la chute du mercure, ont eu lieu par degrés, d'une manière continue et régulière, sans aucun indice d'un fait analogue à celui qui sert de base à l'hypothèse de M. Saulnier.

Notre collègue, M. Régnault, dans les nombreuses expériences qu'il a faites pour déterminer les forces élastiques de la vapeur d'eau à saturation, à des températures comprises entre — 32° et + 230°, et dans lesquelles il observait des thermomètres plongés dans le liquide, en même temps que d'autres étaient plongés dans la vapeur, n'a trouvé entre les températures accusées par les premiers et les seconds que des différences insensibles, dans les hautes températures. Et, en effet, on

conçoit que les phénomènes soient très-différents, quand l'eau est contenue dans des vases en verre d'une petite capacité, et lorsqu'elle est en contact avec une étendue considérable de parois métalliques, rugueuses, très-conductrices de la chaleur, et qui se composent de carneaux larges, de tubes calorifères étroits et d'une enveloppe extérieurement en contact avec l'atmosphère; ces diverses parties sont à des températures différentes, ce qui doit donner lieu à des mouvements continuels des molécules liquides. D'ailleurs, quand bien même on admettrait que l'eau liquide contenue dans la chaudière puisse, dans un état de repos complet, acquérir une température supérieure de plusieurs degrés à celle qui correspond à l'ébullition, sous la pression de la vapeur qui pèse sur sa surface, et qui est limitée par la charge des soupapes, on ne saurait imaginer que cette eau, en passant à l'état d'ébullition, produise de la vapeur à une température plus élevée que la sienne propre; et comme la pression de la vapeur d'eau est limitée par sa température, il faudrait, pour trouver dans l'hypothèse que nous discutons une cause probable de rupture d'une chaudière, supposer que l'eau liquide a acquis une température supérieure, non pas de quelques degrés seulement, mais de beaucoup de degrés à celle de la vapeur qui repose sur elle. Par exemple, si, dans la chaudière du *Concurrent*, les soupapes n'étaient pas surchargées, la pression de la vapeur, au moment où le bateau s'est arrêté, ne pouvait dépasser 2 at. 1/2; sa température et celle de l'eau sous-jacente n'étaient donc que de 129°. Or, la chaudière ayant subi quelques mois avant une pression d'épreuve effective de 4 at. 1/2, il est certain que

si elle n'avait pas été détériorée dans l'intervalle, il eût fallu que la vapeur acquît subitement, pour déterminer l'explosion, une force élastique de 7 à 8 atmosphères au moins, à laquelle correspond une température d'environ 170°, qui dépasse de 41° la température primitive. Rien n'autorise à supposer que l'eau liquide puisse acquérir un tel excès de température sur celle de la vapeur qui la presse. On conçoit au contraire que la projection de l'eau sur les parois suréchauffées du réservoir de vapeur, au moment de la mise en train, puisse donner lieu à une formation très-rapide de vapeur, à une température intermédiaire entre celle des parois échauffées et de l'eau sous-jacente, et à la pression correspondante. Cette hypothèse fournit une explication plausible des explosions qui ont lieu si fréquemment lors de la mise en train. Telle est peut-être la cause de l'explosion de la chaudière du *Concurrent*. Quelques-uns des tubes calorifères de la rangée supérieure ont pu être émergés par l'inclinaison du bateau à l'escale, combinée avec un abaissement trop grand du niveau de l'eau. Peut-être aussi la chaudière avait-elle été prédisposée à la rupture par l'altération du métal, sous la pression simple de la vapeur, qui a pu être augmentée par une surcharge des soupapes de sûreté; il y a plusieurs motifs de penser que cette contravention a été commise assez fréquemment, quoiqu'on n'ait pu la constater.

Conclusions. Quoi qu'il en soit, la forme des grands conduits de la flamme et de la fumée était vicieuse, et la conséquence pratique à tirer de l'accident du 3 juillet, c'est qu'il convient de ne pas autoriser désormais à naviguer, pour faire un service de

passagers, des chaudières ayant des tubes intérieurs d'une construction analogue, et qui devraient fonctionner sous une pression effective de plus de 1/2 atmosphère, lors même que ces chaudières auraient convenablement supporté la pression d'épreuve.

MM. Cochot frères ont renoncé à réparer la chaudière du *Concurrent*, n° 5, de sorte que la commission de surveillance de Paris n'a pas eu à se prononcer, depuis l'accident du 3 juillet 1846, sur la convenance de délivrer un permis de navigation pour un bateau portant une chaudière de cette forme.

J'estime qu'il y a lieu de porter à la connaissance du public les faits relatifs à l'explosion de la chaudière du bateau à vapeur *le Concurrent*, par l'impression du présent rapport et la gravure des dessins qui y sont joints, dans les Annales des mines et les Annales des ponts et chaussées.

La Commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 11 juillet 1847, après avoir entendu lecture du rapport ci-dessus et en avoir délibéré, a approuvé ce rapport et en a adopté les conclusions.

RAPPORT

Sur une explosion de chaudière à vapeur arrivée, le 7 mai 1847, chez le sieur Gibert, fabricant de ressorts, rue Saint-Denis, à la Villette;

Par M. H. DE SÉNARMONT, ingénieur des mines.

Le sieur Bergès, fabricant de ressorts, rue Saint-Denis, à la Villette, a été autorisé, par ordonnance du 11 septembre 1845, à faire usage d'une chaudière de 3^m.cub.^,33 de capacité, fonctionnant à 6 atmosphères. Le fourneau était enterré sous un hangar particulier, séparé de l'atelier par le massif de la machine et par le trou du chauffeur. L'axe du fourneau était parallèle à la longueur de l'atelier.

Le générateur fourni par le sieur Boguet avait, au lieu de 3^m.cub.^,33, 3^m.cub.^,97 de capacité; mais il portait seulement le timbre de 5 atmosphères; il était d'ailleurs fort mal construit; les tubulures et les clouures fuyaient de toutes parts. Le sieur Gibert, successeur de Bergès, qui monte en ce moment un second atelier avec une force motrice beaucoup plus considérable, a cherché d'abord à gagner du temps en faisant réparer cet appareil; mais comme les réparations elles-mêmes étaient inutiles, il a jugé à propos de le remplacer provisoirement par une chaudière de hasard que lui a fournie le sieur Rauch, chaudronnier, rue de la Roquette, 55. Celle-ci avait environ 4^m.cub.^,60 de capacité et portait le timbre de 6 atmosphères.

Le déplacement de l'ancienne chaudière, l'établissement de la nouvelle, n'ont, à ce qu'il paraît,

été terminés que vers le 5 mai 1847, et le 7, à neuf heures trois quarts du matin, après le déjeuner des ouvriers, quelques minutes avant la reprise des travaux, cette chaudière (A, *fig.* 5, 6 et 7, *Pl. XV*) a fait une explosion épouvantable. Le hangar qui la recouvrait a été anéanti. Le mur de clôture sur lequel il s'appuyait, et qui longeait la voie publique, a été renversé; le fourneau a été bouleversé de fond en comble; les deux bouilleurs sont demeurés à peu près en place sous les décombres, mais la chaudière s'est partagée en trois parties : l'une d'elles D, a été projetée dans la rue Saint-Denis; la seconde C, sur un toit; et la troisième B, de beaucoup la plus considérable, a été lancée dans le sens de son axe, du côté de l'atelier; elle a brisé sur son passage une partie du volant de la machine, trois grandes meules en grès, plusieurs outils, des transmissions de mouvement, et l'un des poteaux en bois qui portaient la toiture.

Les fragments très-lourds du volant, d'énormes débris de meules, des morceaux de bois, de fer, des matériaux de toute espèce ont été lancés dans toutes les directions par le choc de cette masse énorme.

Le chauffeur, qui venait de rentrer dans la chambre de la machine, a été projeté, au travers de la toiture, à une grande hauteur, et son corps brisé a été retrouvé en E (*fig.* 5) à 100 mètres dans un jardin maraîcher. Tous les ouvriers en ce moment dans l'atelier, et un employé du chemin de fer de Lyon qui s'y trouvait également, ont été atteints plus ou moins grièvement : deux d'entre eux, entraînés par la chaudière, ont été retrouvés dessous; trois autres ont été tués par la chute des matériaux ou par la pluie de projectiles qui rayonnait de

dessus du niveau du sol. Elle paraît, autant qu'on en peut juger par la situation relative des objets détruits ou épargnés par elle, avoir pirouetté en l'air sur elle-même, la culasse hémisphérique postérieure est brisée et les restes en sont écrasés et roulés sur eux-mêmes. Elle s'est manifestement rompue ainsi contre les obstacles qu'elle a rencontrés sur son passage. A l'extrémité opposée du cylindre, une déchirure régulière a suivi une clouure circulaire transversale.

Les bouilleurs ont été peu déplacés et n'ont subi ni déformation ni détérioration sensible (*fig.* 10 et 11). Les tubulures les plus rapprochées du foyer tiennent encore à la chaudière; elles ont nécessairement été arrachées des bouilleurs au moment de l'explosion, mais il paraît évident que la demi-rupture, qui leur a permis de se coucher sur la chaudière, est un effet ultérieur des chocs qu'elles ont supportés.

Des deux tubulures *t*, *t'*, les plus éloignées du foyer, l'une, celle de gauche, est entièrement arrachée; on l'a retrouvée dans les décombres; l'autre est encore adhérente au bouilleur et a peu souffert.

La projection du corps de la chaudière, celle de la culasse antérieure, sont évidemment des effets de recul consécutifs de l'explosion. Celle-ci a commencé sur la virole qui réunissait la culasse antérieure au corps de la chaudière. C'est là que s'est exercé le plus grand et le premier effort, et c'est là qu'il faut chercher les causes de la rupture.

Ce fragment a été lancé latéralement; il est tombé sur le toit d'une écurie à 3^m,50 environ de hauteur au-dessus du sol et seulement à 12 mètres de distance. La tôle est entièrement développée; pour mieux dire, elle forme deux parties

irrégulièrement planes et pliées presque à angle droit l'une sur l'autre en sens inverse de la courbure primitive.

La virole, représentée dans son état actuel par les *fig.* 12 à 14, *Pl. XV*, correspond aux deux tubulures les plus éloignées du foyer. Les contours de la tôle sont à peu près parallèles au contour primitif, parce que les déchirures ont presque partout suivi les clouures. Les deux feuilles de tôle ont laissé, comme on l'a dit, l'un de leurs bords déchirés adhérents à la culasse antérieure. Vers le corps de la chaudière la rupture s'est faite de même, mais s'est partagée entre les deux feuilles juxta-posées, de sorte qu'elles ont l'une et l'autre une partie de leur bord arraché. La clouure longitudinale de droite, qui suivait une génératrice, a été déchirée dans toute sa longueur, ce qui a permis le déroulement du cylindre.

Si l'on examine les déchirures produites autour de la jonction de la virole développée avec les communications des bouilleurs, on y remarque les particularités suivantes : Deux morceaux assez larges ont été arrachés et écornent la feuille de tôle en cet endroit. Si on les remet en place, l'on observe que leurs déchirures et celles des débris de cornières qui servaient à la jonction sont très-tourmentéeset contournées ; on reconnaît de plus, autour des trous même des tubulures, une dépression irrégulière en entonnoir de dedans en dehors, telle qu'elle résulterait d'un violent tiraillement suivi de l'arrachement de la tubulure elle-même. Je pense donc que c'est en ce point que la rupture a commencé. Les cornières et les extrémités des tubulures sont très-amincies. Leur épaisseur ne dépasse pas 4 à 5 millimètres. Elles

sont en mauvaise tôle, découpées par un grand nombre de trous, et la feuille de tôle elle-même qui formait le dessous de la chaudière était aussi très-affaiblie en cet endroit, par le trop grand rapprochement des tubulures entre elles, du bord et d'une encoignure. Les déchirures, une fois commencées dans cette feuille par l'arrachement violent des tubulures de jonction, ont gagné, d'un côté la clouure circulaire transversale, de l'autre la clouure rectiligne longitudinale, qu'elles ont suivies; et l'effort s'exerçant ensuite de manière à développer la virole, ces déchirures ont suivi sans peine la ligne des trous.

L'explosion commençant ainsi vers le fond de la chaudière par l'arrachement de l'une des tubulures, l'on s'explique que celle-ci soit restée en place, que les bouilleurs aient été peu ou point dérangés puisqu'ils ont dû seulement être appuyés sur le fourneau par la réaction de la vapeur. On s'explique, par le même effet de réaction, la projection, accompagnée de soulèvement, soit du corps de la chaudière, soit de la culasse antérieure, enfin la projection presque verticale de la feuille de tôle déroulée. Cette direction verticale est indiquée en effet, et par la faible distance à laquelle cette pièce a été retrouvée et par le renversement égal et complet de haut en bas des deux oreilles par lesquelles cette partie de la chaudière reposait sur le fourneau. Les quatre autres oreilles, au contraire, n'ont pas été sensiblement déformées.

Quelles ont été les causes premières de la séparation par arrachement de la chaudière et des tubulures antérieures? Les fers de cornières qui réunissaient celles-ci aux bouilleurs et à la chaudière même n'ont pas l'épaisseur qu'exigerait une bonne

construction; la tôle est en outre de très-mauvaise qualité. Sa cassure présente un grain cristallisé très-grossier, elle est fragile presque comme de la fonte, le soudage est d'ailleurs incomplet et l'on distingue toutes les mises. Ce défaut, évident partout, se manifeste surtout dans certains débris de la culasse postérieure, déchirés et roulés par les chocs et qui se sont partagés dans leur épaisseur comme une carte que l'on dédouble.

Tous ces défauts ont pu préparer la rupture et l'ont facilitée, et pour arriver à une explosion, il a suffi d'une cause déterminante qui, avec une chaudière en bon état, n'aurait certainement pas produit de pareils effets.

Je n'ai pas trouvé de motifs suffisants de croire à un défaut d'alimentation. D'abord la chaudière n'était pas vide, puisqu'on a remarqué de tous côtés des éclaboussures de cendres délayées; et, de plus, le niveau de l'eau ne paraît pas avoir pu s'abaisser beaucoup ou du moins les parois se seraient faiblement suréchauffées, car l'enduit très-léger de tartre a partout une blancheur uniforme, tandis qu'il devient légèrement jaune quand on l'échauffe. D'un autre côté rien ne prouve que ces parois n'ont pas été suréchauffées au-dessus du niveau habituel de l'eau. Le fourneau détruit a été établi par le même fumiste que le fourneau neuf situé dans l'atelier que monte en ce moment le sieur Gibert; or, on peut vérifier que les carneaux s'élèvent au-dessus du plan d'eau, et probablement les deux constructions étaient semblables; je joins à ce rapport une coupe du fourneau neuf (*Pl. XV, fig.* 15) qui montre cette disposition vicieuse.

La vapeur a pu prendre aussi dans la chaudière un excès de tension; l'explosion a eu lieu après une

longue inactivité. On n'a point, pendant tout ce temps, entendu souffler les soupapes et peut-être, suivant un déplorable usage presque général parmi ces ouvriers, le chauffeur les avait surchargées. Il pouvait être d'ailleurs d'autant plus porté à le faire, qu'il voyait sur une chaudière timbrée à six atmosphères des appareils de sûreté calculés seulement pour cinq, le manomètre ne pouvant d'ailleurs lui donner aucune indication, car il a été retrouvé intact et le tube en verre est revêtu dans toute sa hauteur d'une couche intérieure d'oxyde de fer qui le rend complétement opaque.

Quant au poids et au levier des soupapes, ce sont bien ceux qui ont appartenu à l'ancienne chaudière et qui avaient été vérifiés et poinçonnés.

Au moment de l'explosion le chauffeur venait de rentrer dans la chambre de la chaudière; on doit même présumer, puisqu'il a été projeté à une aussi grande distance, qu'il était monté dessus. Qu'y venait-il faire? C'est là une question impossible à résoudre; mais il est assez probable qu'il se disposait à la mise en train, puisque l'accident est arrivé peu de minutes avant la rentrée des ouvriers. S'il a réellement déchargé en ce moment des soupapes surchargées, s'il a ouvert le robinet de la prise de vapeur, on peut se rendre compte de l'explosion par les effets ordinaires qui paraissent succéder quelquefois à une diminution brusque de pression intérieure et par le subit développement de la chaleur causé par le boursouflement de l'eau et sa projection sur des parois suréchauffées.

Ainsi s'expliquerait la singulière coïncidence de la catastrophe avec la rentrée du chauffeur. Je ne pense pas néanmoins que ces suppositions plus ou moins gratuites soient indispensables, et un excès

progressif de tension me paraît une cause suffisante de rupture, quand la chaudière est faite de mauvaise tôle puddlée, déjà vieille, et que les tubulures sont évidemment en mauvais état.

Le sieur Gibert et le sieur Rauch ont encouru l'un et l'autre une grave responsabilité : les premiers, pour avoir changé la chaudière sans autorisation préalable et sans même avoir prévenu l'autorité administrative, contrairement aux prescriptions de l'article 71 de l'ordonnance du 22 mai 1843 et de l'article 6 de son arrêté d'autorisation, prescriptions d'autant plus obligatoires que la nouvelle chaudière surpassait de moitié la capacité portée dans cet arrêté, que cette chaudière était achetée de hasard et au rabais (70 c. le kilogramme), et qu'elle devait porter des appareils de sûreté calculés pour un autre timbre et pour une autre surface de chauffe; le second, pour avoir vendu, contrairement à l'article 2 de l'ordonnance du 22 mai 1843, une chaudière de hasard qui n'avait pas subi une épreuve nouvelle; l'état de cette chaudière et surtout de ces tubulures, d'anciens trous bouchés sur le dôme, l'usure des médailles qui portent encore en exergue *ordonnance du 29 octobre* 1823 prouvent que cette chaudière déjà vieille a dû être plus d'une fois remaniée, et, d'après le prix de vente, le sieur Rauch ne pouvait la regarder lui-même ni comme bonne, ni comme bien fabriquée. Une nouvelle épreuve était donc nécessaire, sans qu'aucun prétexte pût dispenser de cette obligation. Il est infiniment probable que des fuites se seraient manifestées pendant l'épreuve aux points défectueux, et qu'on se serait refusé à apposer une médaille sur un appareil déjà détérioré.

Des contraventions qui peuvent avoir de pa-

reilles conséquences doivent être réprimées, et pour le fait même et pour l'exemple. Je pense donc qu'elles doivent être déférées à M. le procureur du roi.

Il ne sera pas inutile maintenant de revenir sur les renseignements qu'on peut tirer de la catastrophe arrivée chez le sieur Gibert. Cette explosion est le centième exemple du transport violent des débris d'une chaudière dans le sens de son axe. Si la cheminée de la chaudière se fût trouvée sur leur passage, elle eût infailliblement été fauchée par le pied, et l'on n'oserait prévoir les suites qu'aurait, dans bien des cas, la chute d'une pareille masse de briques de 20 ou 25 mètres de hauteur.

Il paraît donc qu'on devrait toujours rendre obligatoire une disposition seulement recommandée par l'article 4 de l'instruction ministérielle du 23 juillet 1843; disposition qui consiste à établir autant que possible l'axe d'une chaudière perpendiculairement à la direction suivant laquelle son explosion serait le plus à craindre. Cette mesure serait un accessoire plus utile peut-être que le principal des articles 34 et 37 de l'ordonnance du 22 mars, qui obligent à isoler les chaudières par des murs de défense toujours incapables de résister au choc de masses pesant plusieurs milliers de kilogrammes, et lancés avec une grande violence.

Les moyens de vérifier la hauteur relative du plan d'eau et des carneaux ne sont pas un objet de moindre importance. L'article 29 de l'ordonnance du 22 mai oblige de tracer sur le parement du fourneau le niveau habituel de l'eau dans les chaudières, ce niveau devant être fixé à un décimètre au moins au-dessus de la partie supérieure des car-

neaux. Mais il n'existe en général aucun moyen de s'assurer que cette ligne n'est pas complétement imaginaire.

La disposition des carneaux est rarement apparente à l'extérieure; d'un autre côté, les robinets étagés et les tubes indicateurs qui pourraient seuls apprendre quelque chose sur la hauteur intérieure de l'eau sont très-rarement en usage. Ne pourrait-on pas rendre au moins un de ces moyens obligatoire et obliger chaque industriel à faire ouvrir les carneaux de son fourneau, de manière que leur niveau pût être vérifié en même temps que les leviers et les poids qui chargent les soupapes? La ligne apparente, qui indique le plan d'eau, serait tracée en même temps sous les yeux de l'ingénieur ou du garde-mines, et sa distance à un repère fixe, au bord du trou d'homme, par exemple, serait constatée dans le procès-verbal de vérification et de poinçonnage.

Conclusions.

De l'exposé qui précède, il résulte :

1° Que l'explosion arrivée chez le sieur Gibert paraît causée par un excès de tension de la vapeur survenu progressivement pendant l'inactivité de la machine, ou brusquement au moment de la mise en train;

2° Que cette explosion a été préparée et déterminée par la mauvaise condition de la chaudière et par la détestable qualité de la tôle;

3° Que le sieur Gibert s'est mis en contravention avec les dispositions soit de l'ordonnance du 22 mai 1843, soit de l'arrêté qui le concerne, en changeant la chaudière sans autorisation et sans même avoir prévenu l'autorité administrative,

pour la remplacer par une chaudière de hasard achetée au rabais;

4° Que le sieur Rauch, chaudronnier, a commis une contravention à l'article 2 de l'ordonnance du 22 mai 1843, en vendant, sans qu'elle ait été éprouvée de nouveau, une chaudière déjà vieille et en mauvais état;

5° Que ces contraventions doivent être déférées à M. le procureur du roi pour être poursuivies;

6° Qu'il y a quelque chose à ajouter aux dispositions de l'ordonnance du 22 mai 1843 relatives à l'établissement des chaudières et au moyen de vérifier la hauteur relative des carneaux et du niveau intérieur de l'eau.

AVIS

de la commission centrale des machines à vapeur.

La commission centrale des machines à vapeur, dans sa séance du 11 juin 1847, a entendu la lecture de la lettre de M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics du 25 mai précédent et du rapport ci-dessus, en date du 12 mai 1847, de M. de Sénarmont.

Le secrétaire a ensuite lu le rapport suivant :

Rapport de M. Combes.

Je n'ai rien à ajouter aux détails circonstanciés contenus dans le rapport de M. l'ingénieur de Sénarmont, dont je viens de donner lecture à la commission, et que j'ai approuvé, en qualité d'ingénieur en chef chargé du service spécial des machines à vapeur dans le département de la Seine.

La fatale explosion du 7 mai a causé la mort immédiate de quatre personnes et des blessures plus ou moins graves à quinze ouvriers, dont trois ont succombé peu de temps après l'accident.

Des renseignements que je me suis procurés depuis le 14 mai, date de l'envoi du rapport à M. le préfet de police, il résulte que la chaudière, cause de l'accident, a été fabriquée en 1839 par MM. Dubois et Lévêque, chaudronniers, dont l'établissement est passé depuis entre les mains du sieur Rauch, essayée et timbrée à cette époque pour la pression de 6 atmosphères, et livrée à M. Mertian, administrateur des forges de Montataire (Oise). Celui-ci aurait revendu en 1842 la même chaudière au sieur Rauch, pour la remplacer par une

autre de plus grandes dimensions. M. Mertian m'a écrit qu'au moment où cette chaudière était sortie de son usine, elle était en bon état et n'exigeait aucune réparation. Ce témoignage concorde avec la déclaration du sieur Rauch, d'après laquelle il n'aurait fait aucune réparation à la chaudière dont il s'agit, avant de la vendre au sieur Gibert.

Indépendamment des poursuites d'office dirigées par le ministère public, en raison des contraventions au règlement d'administration publique du 22 mai 1843, qui peuvent être reprochées aux sieurs Gibert et Rauch, un procès civil est engagé entre eux, pour les dommages causés par l'explosion.

De cette double instruction judiciaire, il sortira sans doute quelques éclaircissements sur la question de savoir si les soupapes de la chaudière du sieur Gibert étaient habituellement surchargées, en raison des résistances trop considérables appliquées à la machine à vapeur, question qui est restée douteuse pour l'administration.

Les ingénieurs en chef et ordinaire, après avoir donné leur avis sur les causes de la catastrophe de la Villette, ont indiqué à M. le préfet de police les mesures qui leur paraissaient propres à prévenir le retour d'accidents aussi déplorables.

M. le préfet de police a donné son approbation à ces mesures et a appelé, sur ce sujet, par sa lettre du 26 mai, qui est au dossier, l'attention de M. le ministre des travaux publics, en le priant de lui faire connaître sa décision.

Les mesures dont il s'agit se rapportent à l'emplacement des chaudières, et aux moyens de prévenir le surchauffement des parois de l'espace occupé par la vapeur, auquel on peut raisonnable-

ment attribuer les explosions fréquentes qui ont lieu, après un certain temps de repos et au moment même de la mise en train.

Quant à l'emplacement des chaudières, les ingénieurs du département de la Seine pensent que les arrêtés d'autorisation doivent imposer, toutes les fois que cela n'est pas impossible, la condition de les tourner de façon, qu'en cas de rupture, les fragments projetés dans la direction des prolongements de l'axe, comme cela a lieu le plus souvent, ne soient pas dirigés du côté des ateliers. Ainsi, les chaudières de première catégorie qui doivent être, aux termes de l'art. 34 de l'ordonnance du 22 mai 1843, établies en dehors de toute maison d'habitation et de tout atelier, devraient être tournées de manière que leur axe fût parallèle au mur de l'atelier contigu au local de la chaudière. Il conviendrait aussi que la cheminée ne fût pas construite sur le prolongement de cet axe; car on connaît plusieurs exemples de cheminées en briques qui ont été renversées par le choc d'un tronçon de chaudière rompue par une explosion (voyez le compte-rendu de l'explosion de la chaudière d'Avrillé, *Annales des mines*, 3e série, t. XX, p. 130). L'art. 41 de l'ordonnance du 22 mai 1843 laisse à MM. les préfets le soin de fixer, s'il y a lieu, la direction de l'axe de la chaudière, et il est dit dans le § IV de l'instruction ministérielle du 23 juillet 1843, que « l'axe de la chaudière devra » être, autant que possible, disposé parallèlement » aux murs des habitations ou de la voie publique, » parce qu'en cas d'explosion, c'est ordinairement » dans la direction de l'axe que les fragments sont » lancés avec le plus de violence par l'action de » la vapeur. » La mesure demandée par les ingé-

nieurs est donc entièrement conforme à l'esprit et à la lettre du règlement. Il suffira de recommander aux ingénieurs et aux préfets de l'appliquer toutes les fois que cela ne sera pas absolument impossible. Ils ne devront pas se laisser influencer par les dépenses que cela pourra occasionner, dans quelques cas, aux propriétaires d'usines qui auraient placé des chaudières à vapeur dans des conditions peu satisfaisantes, sans attendre les conditions à prescrire par l'arrêté d'autorisation. L'instruction des demandes en autorisation est toujours assez courte, quand elle est faite dans les délais fixés par le règlement, pour que les fabricants ne puissent, dans le cas prévu ci-dessus, s'en prendre qu'à eux-mêmes du surcroît de dépense auquel ils seraient obligés, par suite de constructions faites avant l'autorisation.

Tout le monde est d'accord sur l'importance qu'il y a à maintenir le niveau de l'eau, dans une chaudière à vapeur, à une hauteur à peu près constante, et à ne pas permettre que les conduits de la flamme et de la fumée s'élèvent, dans aucun cas, au-dessus de ce niveau.

Les prescriptions contenues dans les art. 28 à 31 de l'ordonnance royale du 22 mai 1843, si elles étaient sincèrement et soigneusement exécutées, assureraient l'accomplissement de ces conditions essentielles. Mais un assez grand nombre de faits recueillis par les ingénieurs ne permettent pas de douter qu'elles ne soient souvent éludées.

Les indicateurs du niveau de l'eau les plus usités pour les chaudières fixes sont les flotteurs ordinaires, auxquels on ajoute, depuis l'ordonnance du 22 mai 1843, le flotteur d'alarme prescrit par l'art. 30. L'accord des indications fournies par ces

deux appareils avec la *ligne d'eau* que l'art. 29 prescrit de tracer sur le parement du fourneau ou sur le corps de la chaudière, à un décimètre au moins au-dessus de la partie la plus élevée des carneaux, tubes ou conduits de la flamme et de la fumée, dépend de la longueur de la tige métallique à laquelle est suspendu le flotteur placé dans l'intérieur de la chaudière. Or, ces flotteurs sont toujours ajustés d'avance, lorsque les agents de l'administration visitent la chaudière, et ces agents n'ont aucun moyen de vérifier s'ils sont convenablement réglés par rapport à la ligne d'eau. Il est en outre nécessaire, pour vérifier que celle-ci est tracée conformément à l'art. 29, de faire ouvrir les carneaux; or, cela exige du temps, occasionne un dérangement fâcheux pour les industriels, et devient presque impraticable dans les départements où, comme dans celui de la Seine, le service des machines à vapeur est excessivement chargé par le grand nombre d'appareils existants, de demandes en autorisation de nouveaux établissements et d'épreuves de chaudières ou de cylindres. Cependant on pourrait vérifier le *bien tracé* de la ligne d'eau, pour les chaudières nouvellement autorisées, en même temps qu'on procède à la vérification des poids et leviers des soupapes. Mais il faudrait que la chaudière fût munie d'un tube indicateur du niveau de l'eau en verre, ou de robinets étagés qui permissent de vérifier plus tard, dans les visites faites pour la surveillance, la situation du niveau de l'eau dans la chaudière, par rapport à la ligne d'eau tracée, comme nous venons de le dire; les flotteurs d'alarme ou ordinaire ne peuvent servir à cette vérification, puisqu'ils n'indiquent pas extérieurement quelle est

la situation du plan d'eau: Or, l'art. 31 de l'ordonnance du 22 mai 1843 met sur la même ligne le flotteur, le tube indicateur en verre et les robinets indicateurs; les arrêtés d'autorisation ont généralement laissé aux propriétaires des chaudières le choix de l'appareil, entre lesquels le règlement n'exprimait aucune préférence, et la plupart des chaudières portent aujourd'hui, au moins dans le département de la Seine, les deux flotteurs d'alarme et ordinaire, et n'ont ni tube indicateur du niveau, ni robinets d'épreuve : nous pensons qu'il conviendrait d'inviter les ingénieurs à proposer et MM. les préfets à prescrire désormais, dans tous les arrêtés d'autorisation relatifs à de nouvelles chaudières, l'usage d'un tube indicateur en verre ou de deux robinets d'épreuve adaptés l'un au-dessus, l'autre au-dessous du plan d'eau normal, et dont le second devrait être encore au-dessus de la partie la plus élevée des carneaux ou conduits de la flamme et de la fumée. L'usage du flotteur resterait facultatif. Il nous paraît que l'administration a le droit de prescrire l'application de celui des appareils énumérés dans l'article 31, dont l'expérience a démontré la supériorité, ou qui rend la surveillance de ses agents plus facile et plus sûre. Quant aux chaudières actuellement existantes en vertu d'autorisations régulières, et qui seraient munies d'un flotteur ordinaire, l'administration ne peut exiger, en général, qu'on y ajoute d'autres appareils indicateurs du niveau de l'eau. Toutefois s'il était constaté par les ingénieurs, ou autres agents chargés de la surveillance, que le flotteur d'une chaudière régulièrement autorisée est mal construit, que sa mobilité n'est pas suffisante, ou qu'il est mal ajusté et n'indique pas

exactement la hauteur du niveau de l'eau dans la chaudière, les préfets pourraient et devraient exiger l'application d'un autre indicateur du niveau de l'eau. Il en serait de même pour les chaudières régulièrement autorisées, mais dont on aurait élevé les carneaux au-dessus du plan d'eau, tel qu'il est accusé par le flotteur.

Les propriétaires de ces chaudières auraient en effet encouru, par ces contraventions à l'ordonnance du 22 mai 1843, l'interdiction de leurs appareils à vapeur, qui pourrait être prononcée par le préfet, en vertu de l'article 74 de l'ordonnance; et l'autorité, qui pourrait prononcer l'interdiction, se bornerait à prescrire des appareils de sûreté meilleurs que ceux dont l'inexactitude aurait été reconnue et constatée.

Les propriétaires et les constructeurs de chaudières feront, à l'emploi du tube indicateur en verre et des robinets d'épreuve, quelques objections que je connais d'avance et que la commission doit apprécier. Ils diront que le tube indicateur en verre est un appareil fragile, et qui casse surtout fréquemment lorsqu'il est appliqué à des chaudières fonctionnant à des pressions élevées (de 4 à 7 atmosphères); que la forme hémisphérique des bouts des chaudières, l'épaisseur de la maçonnerie, ou la largeur des carneaux qui les entourent, rendent difficile l'application des tuyaux aboutissant soit au tube indicateur, soit aux robinets d'épreuve; que ces robinets doivent être interrogés par le chauffeur, lorsqu'il veut connaître le niveau de l'eau, tandis que le flotteur indique continuellement, et de lui-même, les variations de ce niveau.

Je ne pense pas qu'on doive s'arrêter à ces ob-

jections. L'application constante des tubes indicateurs, faite aux chaudières des machines locomotives, qui sont timbrées à 5 ou 6 atmosphères, suffit pour montrer que la fragilité du verre n'est pas un obstacle à l'emploi de ces appareils sur les chaudières à haute pression. Il est facile, malgré la forme hémisphérique du bout d'une chaudière, d'adopter, en des points convenables de cette surface, deux tubes en fer horizontaux, d'un petit calibre, assez longs pour traverser la maçonnerie et les carneaux, et à l'extrémité desquels seront appliqués les robinets d'épreuve. Enfin la dernière objection montre seulement qu'il pourra être convenable de conserver sur les chaudières, où on aura des robinets d'épreuve, sans tube indicateur du niveau, l'usage du flotteur ordinaire qui demeurerait toujours facultatif.

Conclusions. J'estime, en conséquence, qu'il y a lieu de la part de M. le ministre des travaux publics :

1° De répondre à M. le préfet de police, qu'il donne son approbation aux mesures proposées par les ingénieurs des mines chargés du service des machines à vapeur, au sujet de l'explosion de la chaudière à vapeur qui a eu lieu dans les ateliers du sieur Gibert, à la Villette, ainsi qu'aux moyens indiqués par eux comme propres à prévenir le retour d'accidents aussi déplorables, et relatifs à la fixation de l'emplacement des chaudières, et à la convenance de prescrire pour toutes les chaudières qui seront autorisées à l'avenir, l'usage d'un tube indicateur du niveau de l'eau en verre, ou de deux robinets indicateurs placés l'un au-dessus, l'autre au-dessous de la ligne d'eau, et dont le second devrait être encore au-dessus de la partie supérieure des carneaux de la flamme ou de la fumée;

2° d'adresser aux ingénieurs et aux préfets des départements, une circulaire, pour leur faire sentir toute l'importance qu'il y a à s'assurer que la ligne d'eau, tracée sur le parement du fourneau, conformément à l'art. 29 de l'ordonnance royale du 22 mai 1843, est, en effet, d'un décimètre au moins, en dessus de la partie la plus élevée des carneaux, tubes ou conduits de la flamme et de la fumée, et pour les inviter à prescrire désormais, d'une manière expresse, dans les arrêtés d'autorisation de chaudières à vapeur, que chaque chaudière soit munie d'un tube indicateur du niveau de l'eau en verre, ou de deux robinets d'épreuve placés l'un au-dessus, l'autre au-dessous de la ligne d'eau, le second devant être encore un peu au-dessus de la partie la plus élevée des carneaux, en laissant facultative l'application du flotteur ordinaire, qui devra être simplement recommandée par MM. les ingénieurs aux propriétaires de chaudières qui seraient munies de robinets indicateurs;

3° de rappeler aux ingénieurs et aux préfets dans cette circulaire les termes du § Ier de l'art. 41, qui laisse aux préfets la faculté de fixer la direction de l'axe des chaudières à vapeur, ainsi que la dernière partie du § IV de l'instruction ministérielle du 23 juillet 1843, où il est dit que l'axe d'une chaudière doit, autant que possible, être disposée parallèlement aux murs des habitations ou à la voie publique, parce qu'en cas d'explosion c'est ordinairement dans la direction de l'axe de la chaudière que les fragments sont lancés avec le plus de violence par l'action de la vapeur.

La nouvelle circulaire étendrait aux ateliers des-servis par les appareils à vapeur ce que l'instruction dit des maisons et de la voie publique; elle

indiquerait aussi la convenance de placer les cheminées latéralement, et non sur le prolongement de l'axe des chaudières, afin qu'elles fussent moins exposées au renversement en cas d'explosion.

4° De faire imprimer le rapport de M. l'ingénieur de Sénarmont et l'avis de la commission sur l'explosion du 7 mai 1847, dans les Annales des mines et dans les Annales des ponts-et-chaussées.

La commission, après en avoir délibéré, a approuvé le rapport ci-dessus et en a adopté les conclusions.

SUR UN

GROUPEMENT REMARQUABLE

de certains cristaux de spath calcaire;

Par M. H. DE SÉNARMONT, ingénieur des mines.

On cite dans la plupart des traités de minéralogie l'accolement latéral de deux rhomboèdres primitifs de spath calcaire, dont les axes de figure sont parallèles, mais dont les faces sont dans une situation inverse (*Pl. XVI, fig.* 1), comme exemple d'hémitropie. On peut d'ailleurs, avec autant de raison, supposer l'axe d'hémitropie perpendiculaire à la face (111) également inclinée sur les trois arêtes de la forme primitive, ou bien à la face (11$\bar{2}$) du prisme hexagonal qui tronque les angles latéraux de cette forme.

Le mode de groupement qu'exprime implicitement l'un ou l'autre de ces énoncés est-il réellement celui des deux rhomboèdres? et chacun des deux cristaux individuels se termine-t-il nécessairement à un plan unique de jonction?

Cette conséquence naturelle des lois de l'hémitropie, telles qu'on a coutume de les considérer, de les définir, est assez douteuse; elle paraît, au moins dans certains cas, contredite par l'observation suivante.

Que l'on tourne deux rhomboèdres primitifs R, R′ (*Pl. XVI, fig.* 2) inversement l'un par rapport à l'autre, si le cristal R′ porte, outre ses faces de clivage, deux faces *abmn* de son rhomboèdre inverse, qui résulte du décroissement intermédiaire (122), l'angle suivant *ab*, compris entre ces faces, et l'angle suivant AB, saillant ou rentrant, formé par deux faces de clivage du cristal R seront égaux et semblablement placés. Les arêtes *ab*, AB auront

en outre la même inclinaison sur l'axe de figure. Ce sont là, en effet, les propriétés connues du rhomboèdre inverse (celui que Haüy a désigné par ε).

Les deux cristaux ainsi disposés pourront s'emboîter par simple rapprochement. Leurs faces de clivage respectives seront dans la situation qui résulterait d'une hémitropie ordinaire, et cependant ce mode de groupement en diffère, et parce que les faces juxtaposées sont multiples, et parce qu'elles se rapportent chacune à des formes différentes. Ces formes se trouvent être en effet pour l'un des individus associés, le solide de clivage; pour l'autre, le solide qui résulte du décroissement intermédiaire ($\bar{1}22$).

Cet emboîtement avec juxtaposition de faces entièrement différentes s'observe cependant sur divers échantillons de spath calcaire parfaitement transparent rapporté d'Islande; ce qui permet de supposer un arrangement semblable dans tous les groupes de cristaux qui présentent la même disposition. On constate sans difficulté le parallélisme respectif de chacun des plans *abmn* avec les plans ABC, ABD; les faces juxtaposées se séparent sans beaucoup de peine, elles sont miroitantes; celles *abmn* du rhomboèdre inverse ressemblent même à de véritables clivages, elles présentent ordinairement quelques petits gradins parallèles à *an*.

Ce fait n'aurait peut-être pas une importance assez grande pour mériter d'être signalé, si tout ce qui tient au groupement des cristaux n'était encore une des parties les moins parfaites de la cristallographie, et l'une de celles, peut-être, qui tiennent de plus près à la constitution moléculaire des corps, et paraissent les plus propres à jeter quelque jour sur cette matière si obscure.

ANALYSES

De produits d'arts.

1. *Sur une* POUZZOLANE *naturelle;* par M. Vicat. (Instit., 1846, p. 51.)

100 p. de gneiss des Ardennes, analysées par M. Sauvage, ont été mêlées avec de la chaux grasse en pâte provenant de 20 p. de chaux vive. La prise du mélange immergé a eu lieu en 7 jours, et la cohésion, après 50 jours, est arrivée au même degré moyen que les autres pouzzolanes après le même temps.

Les arènes et les roches décomposées, appelées improprement *grauwackes* en Basse-Bretagne, ne deviennent des pouzzolanes qu'après une cuisson préalable.

2. *Sur la* CHAUX *qui a servi à purifier le gaz d'éclairage;* par M. Th. Graham. (Philos. Magazine, 3e série, t. XXVII, p. 541.)

Cette chaux analysée sans dessiccation préalable, telle qu'elle sort des vases épurateurs et dans l'état où elle est employée comme engrais, a donné :

Hyposulfite de chaux.	12,30
Sulfite de chaux. . . .	14,57
Sulfate de chaux. . .	2,80
Carbonate de chaux. .	14,48
Hydrate de chaux. . .	17,72
Soufre.	5,14
Sable.	0,71
Eau combinée.	8,49
Eau hygrométrique. .	23,79
	100,00

En traitant cette chaux, préalablement exposée deux ou trois jours à l'air pour provoquer l'oxydation du soufre qu'elle contient, par une petite quantité d'eau froide, on en retire une solution d'hyposulfite de chaux, que l'on peut faire cristalliser ou transformer en hyposulfite de soude, en la décomposant par du carbonate de soude. Cette chaux rend 1/6 de son poids d'hyposulfite de soude pur, que l'on obtient ainsi à très-bas prix.

---

3. *Sur l'*OUTREMER *naturel et artificiel*; par M. C. Brunner. (Ann. de Pogg., t. LXVII, p. 541.)

Les seules analyses que nous ayons de l'outremer naturel du commerce sont les suivantes :

	Clément et Désormes.	C. G. Gmelin.
Silice.	35,8	47,306
Alumine.	34,8	22,000
Soude.	23,2	12,063
Chaux.	»	1,546
Carbonate de chaux. . .	3,1	»
Acide sulfurique.	»	4,679
Soufre.	3,1	0,188
Eau, matières résineuses et perte.	»	12,218
	100,0	100,000

Nous possédons en outre diverses analyses de lapis-lazuli, qui ont donné :

	Klaproth.	L. Gmelin.	Varrentrapp.
Silice.	46,0	49	45,50
Alumine.	14,5	11	31,76
Soude.	»	8	9,09
Chaux.	17,5	16	3,52
Magnésie.	»	2	»
Acide carbonique. .	10,0	»	»
Acide sulfurique. .	4,0	2	5,89
Peroxyde de fer. . .	3,0	1	»
Soufre.	»	»	0,95
Fer.	»	»	0,86
Chlore.	»	»	0,12
Eau.	2,0	»	0,12
	97,0	89	97,81

Enfin l'analyse de divers outremers artificiels a donné :

	Varrentrapp.	Elsner.
Soude.	21,476	23,00
Potasse	1,752	»
Chaux.	0,021	»
Alumine.	23,304	29,50
Silice.	45,604	40,00
Acide sulfurique. .	3,830	3,40
Soufre.	1,685	4,00
Oxyde de fer. . . .	»	1,00
Fer.	1,063	»
Chlore.	traces.	»
	98,735	100,90

Les matières employées par M. Brunner, dans ses essais, sont les suivantes :

1° *Silice*. On l'a prise dans un sable de Lengnau, canton de Berne; elle donne à l'analyse :

Silice.	94,25
Alumine. . .	3,03
Chaux. . . .	1,61
Oxyde de fer.	0,94
Perte.	0,17
	100,00

2° *Alumine.* Elle est prise dans l'alun de potasse calciné (1). On purifie d'abord l'alun par cristallisation, on le dessèche par une douce calcination, on le pulvérise et on le conserve à l'abri de l'air humide.

3° *Soufre.* Pour les premières calcinations, on peut employer de la fleur de soufre ordinaire; mais pour la dernière il faut employer du soufre distillé.

4° *Charbon.* Le charbon de bois en poudre assez fine est tout ce qu'il faut.

5° *Carbonate de soude.* On se sert du carbonate de soude du commerce purifié par cristallisation, puis complétement desséché et pulvérisé.

Le mélange qu'emploie M. Brunner est le suivant :

Silice (sable ci-dessus). . . .	70
Alun calciné.	240
Charbon pulvérisé.	48
Fleur de soufre.	144
Carbonate de soude desséché. .	240

Le mélange se fait à sec et doit être très-intime.

On remplit alors de ce mélange un creuset de Hesse; on y adapte le couvercle que l'on lute;

(1) C'est plutôt de l'alun ammoniacal, car une analyse qui sera rapportée plus loin indique l'absence de la potasse dans le produit. P. D.

puis on le chauffe, en élevant de suite la température au rouge modéré, que l'on entretient pendant une heure et demie, et prenant garde de la dépasser. Lorsque le creuset est refroidi, il offre une masse médiocrement tassée, rappelant l'aspect du foie de soufre, et occupant les 2/5 de son volume primitif : si la masse était fondue, compacte et moins volumineuse, la chaleur aurait été trop forte.

On retire le produit du creuset refroidi, et on le lave à l'eau froide, puis à l'eau chaude; il se dissout du sulfure de sodium et il reste une poudre d'un bleu-verdâtre, qui devient légère et d'un gris de cendre clair, par la dessiccation. On essaie si une petite portion de cette poudre, chauffée sur un morceau de porcelaine, bleuit lorsqu'on y jette un peu de soufre qui l'enflamme. Cette teinte est ordinairement très-faible après la première opération.

Le produit est alors mêlé à son poids de soufre et à une fois et demie son poids de carbonate de soude desséché. On mélange avec les précautions précédemment indiquées, on calcine de même. La masse se réduit un peu, mais moins que la première fois. On lave, on sèche de nouveau, et l'on répète l'essai par le soufre. La teinte bleue produite par la combustion est alors plus prononcée, et elle gagne encore après une troisième opération, qui est ordinairement la dernière. L'épreuve par le soufre fournit une belle teinte bleue qui indique le terme des premières calcinations. Si le bleu n'était pas satisfaisant, il faudrait procéder à une quatrième calcination.

La dernière partie de l'opération consiste à faire brûler du soufre au contact du produit de la der-

nière calcination. Pour cela, on pulvérise très-finement la masse, on la tamise, puis on la fait tomber sur une plaque de fer, de manière à y former une couche de 2 à 3 millimètres d'épaisseur : cette plaque a préalablement été recouverte d'une couche de même épaisseur de soufre et finement pulvérisé. On chauffe jusqu'à ce que le soufre s'enflamme. Il faut élever la température le moins possible et ne jamais arriver au rouge vif.

Ce traitement au soufre se réitère trois ou quatre fois avec la même poudre, qu'on broie de nouveau à chaque fois.

On finit par obtenir un produit léger, presque duveteux, d'un beau bleu, dans lequel on ne remarque aucune trace de cristallisation.

Les quantités indiquées ci-dessus donnent 160 d'outremer artificiel.

L'analyse a donné, pour la composition du produit avant la combustion en présence du soufre :

Silice.	35,841
Alumine.	27,821
Chaux.	2,619
Oxyde de fer. . . .	2,475
Sodium.	18,629
Soufre.	5,193
Oxygène (par diff.).	7,422
	100,000

100 p. de ce produit donnent, après la combustion en présence du soufre, 110,16 d'outremer artificiel, contenant 12,811 de soufre ; en partant de ces données, et en admettant que les autres principes ne changent pas, l'outremer artificiel, fabriqué comme il vient d'être dit, aurait pour composition :

Silice.	32,544	ou	32,544
Alumine.	25,255	—	25,255
Chaux.	2,377	—	2,377
Oxyde de fer. . . .	2,246	—	2,246
Sodium.	16,910	Sulfate de soude. .	20,157
Soufre.	11,629	Sulfure de sodium.	17,421
Oxygène (par diff.).	9,039		
	100,000		100,000

M. Brunner a constaté que la soude était tout à fait essentielle à la préparation de l'outremer artificiel, et ne pouvait être remplacée par la potasse. Le fer, au contraire, peut être éliminé sans inconvénient; quant à la chaux, on a pu en élever la proportion jusqu'à 8 p. 100 sans que le produit obtenu perdît rien de sa valeur.

4. *Analyse du* VERRE RUBIS *de Venise*; par M. Boehme. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVIII, p. 333.)

Ce verre est employé pour la peinture sur émail; il se distingue par sa grande fusibilité et la propriété qu'il possède de ne pas changer de couleur par la fusion.

L'analyse a donné :

Or.	0,0492
Oxyde d'étain. .	0,6900
Oxyde de fer. .	2,2000
Oxyde de plomb.	22,9300
Magnésie.	0,5000
Chaux.	3,8000
Soude.	5,7960
Potasse.	6,7000
Silice.	58,9800
Arsenic.	traces.
	101,6452

5. *Analyse d'un* SILICATE ARTIFICIEL ; par M. L. de Moro. (Ann. d. Chem. u. Pharm., t. LV, p. 354.)

Ce silicate provient de la fonderie royale de Vienne ; il est en cristaux brunâtres, opaques, appartenant au prisme rhomboïdal droit. Sa dureté = 5,5 à 6 ; sa densité est de 4,03.

La moyenne de trois analyses, faites en attaquant la matière par l'acide chlorhydrique, donne :

		Oxygène.		Rapp. atom.
Silice.	39,97		20,7	3
Oxyde ferreux. . . .	41,91	9,5	14,0	2
Oxyde manganeux. .	15,28	3,4		
Chaux.	0,72	0,2		
Magnésie.	2,38	0,9		

Ce qui conduit à la formule $\dot{R}^2 \dddot{S}$.

---

6. *Analyses de plusieurs espèces de* FIELS DE VERRE ; par M. Girardin. (Journ. de Pharm., t. X, p. 99.)

Trois échantillons différents de fiel de verre ont donné à l'analyse :

	(1)	(2)	(3)
Eau.	1,65	0,10	1,10
Sulfate de soude. . .	83,32	90,51	55,92
Sulfate de chaux. . .	10,35	6,00	25,11
Sel marin.	1,43	0,04	0,20
Carbonate de soude.	traces.	»	traces.
Matières insolubles. .	3,25	3,35	17,77
	100,00	100,00	100,00

(1) *Fiel de verre à vitres.* En masses compactes

d'un bleu sale, s'effleurissant à l'air humide. Les matières insolubles dans l'eau se composent de silicates de chaux, d'alumine et d'oxyde de fer, avec un peu de sable.

(2) *Fiel de verre à gobeleterie.* En plaques peu épaisses d'un bleu-jaunâtre, s'effleurissant dans l'air humide. Les matières insolubles étaient les mêmes que dans le cas précédent.

(3) *Fiel de verre à bouteilles.* Gros morceaux d'un bleu-grisâtre, ne s'effleurissant pas à l'air humide. Les matières insolubles consistent en verre, sable, silicates de fer, de chaux et d'alumine, avec des traces de phosphate de chaux.

---

7. *Analyse d'une* FONTE A ACIER; par M. Karsten. (Ann. der Chem. u. Pharm., t. LX, p. 230.)

Cette fonte est une fonte blanche, manganésée, à grandes lames, provenant du traitement, au charbon de bois et au vent froid, de minerai spathique, au haut-fourneau de Sayn, près Bendorf. Le carbone y est en entier à l'état de combinaison. Voici les résultats de l'emploi des diverses méthodes ordinairement employées pour en déterminer la proportion; ce qui servira à les apprécier.

Sur 100 parties de fonte, on a trouvé :

		Carbone.
Par la combustion avec de l'oxyde de cuivre.		4,2835
— avec le chlorate de potasse et le chromate de plomb.	1°	5,7046
	2°	5,6987
Par l'attaque avec le perchlorure de cuivre.	1°	5,5523
	2°	5,6978
— avec le perchlorure de fer. .	1°	5,4232
	2°	5,2867
— avec le chlorure d'argent. . .	1°	5,6056
	2°	5,7234

---

8. *Analyses des divers produits de l'*USINE A CUIVRE *de Riechelsdorf* (Hesse Électorale); par M. F. A. Genth. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVII, p. 193.)

Le traitement du schiste cuivreux de Riechelsdorf a déjà été décrit dans la 4e série de ces Annales, t. IV, p. 541. Ce traitement consiste à griller le minerai en tas de 3000 q. m. environ : ce grillage dure de six à dix semaines. Les schistes grillés sont mélangés avec des scories de la fonte même et des scories de la fonte pour cuivre noir, puis fondus à l'air chaud dans un demi-haut-fourneau à lunettes. La matte obtenue est grillée à neuf ou dix feux, fondue à l'air froid dans un fourneau à manche, avec addition de scories. On obtient du cuivre noir et une deuxième matte, qui est grillée à quatre ou cinq feux et repassée dans la fonte pour cuivre noir. Enfin le cuivre noir est affiné au petit foyer.

A. *Fonte pour matte.*

(1) *Laitier* (rohschlacke) de la fonte des schistes grillés. Ce laitier est amorphe, opaque, noir de poix, d'un gris-verdâtre en esquilles minces, à cassure conchoïde, un peu esquilleuse, ayant un éclat vitreux ou cireux. Dureté = 6,0; pes. spéc. = 2,834.

Au chalumeau, ce laitier fond facilement en un verre noir faiblement magnétique.

(2) *Laitier* (rohschlacke) analogue au précédent, mais traversé par des veines d'un rouge-brun, et dont la pes. spéc. = 3,023.

(3) *Laitier* (rohschlacke) semblable aux précédents, mais très-bulleux, et provenant de l'addition dans le lit de fusion de la couche de grès,

imprégnée de minerai, et placée au mur du schiste cuivreux. Pes. spéc. = 1,683.

(4) *Laitier* impur, mélangé de mattes (schwiel), qui s'attache aux bords du bassin de coulée, et qui est repassée dans la fonte même. On n'a soumis à l'analyse que des fragments exempts de matte. Gris de cendre verdâtre, éclat nacré, opaque, légèrement translucide sur les bords, grenu, à cassure inégale et esquilleuse. Dureté = 6,0; pes. spéc. = 3,023.

(5) *Laitier* très-impur (schwielschlacke), mélange des précédents, de mattes et de charbon. Pes. spéc. = 2,725. Est repassé dans la fonte même.

(6) *Soufre* cristallisé en octaèdre à base rhombe; il est très-rare, ainsi que les deux produits suivants. Il se volatilise dans la fonte, et se retrouve dans les dépôts près du gueulard.

(7) *Acide arsénieux* cristallisé en octaèdres et en tétraèdres, et souvent en trémies.

(8) *Réalgar*. Ce produit ne s'est rencontré qu'une fois à Riechelsdorf.

(9) *Blende*. Gris-noirâtre, opaque, à texture fibro-laminaire et à cassure esquilleuse. Forme, ainsi que la galène, des dépôts au gueulard. Dureté = 3; pes. spéc. = 3,784.

(10) *Galène*. Rare. Ressemble entièrement à la galène ordinaire.

(11) Plaques supérieures de *première matte* (kupferstein). En masse grenue, à cassure inégale, un peu esquilleuse, opaque, ayant un éclat métallique. La cassure fraîche est jaune de speiss, qui, après quelques secondes, présente des reflets rouge de cuivre et bleu d'indigo. Cette matte est pleine de petites cavités, dans lesquelles on voit

des filaments de cuivre métallique. Dureté = 3,75; pes. spéc. = 5,223.

(12) Culot de *première matte* du fond du bassin de coulée (kupfersteinkœnig). Semblable au n° 11. Pes. spéc. = 5,147.

(13) *Dépôt ferrugineux* (eisensau) du bassin de réception. Gris d'acier, opaque, éclat métallique, texture grenue à grains fins, cassure inégale; aigre. Dureté = 5,5; pes. spéc. = 7,549.

(14) *Dépôt ferrugineux* (eisensau) de la sole du fourneau. Gris d'acier, opaque, éclat métallique, texture grenue à gros grains, cassure inégale; aigre. Dureté = 5,5; pes. spéc. = 7,466. Dans quelques rares cavités, on trouve de petits octaèdres de fer métallique malléable et des filaments de cuivre métallique.

(15) *Dépôts* de la prise de gaz au gueulard pour le chauffage de l'air. Ces dépôts ont une composition très-complexe et éminemment variable. Il n'en a été fait que des analyses qualitatives.

B. *Fonte pour cuivre noir.*

(16) *Scories* de la fonte pour cuivre noir (schwarzkupferschlacke). En plaques à surface rugueuse, à texture grenue, substriée, opaque, présentant un éclat vitreux un peu métallique; d'un noir bleuâtre. Pes. spéc. = 3,512; dureté = 6,5; magnétique.

(17) *Matte mince* ou deuxième matte (spurstein), qui surnage le cuivre noir. En plaques minces analogues à la première matte et ayant une densité de 5,004.

(18) Plaques supérieures de *cuivre noir* (schwarzkupfer). A grain fin, couleur entre le rouge de

cuivre et le blanc d'argent. Dureté = 4,5 ; pes. spéc. = 7,305.

(19) *Cuivre noir* bulleux (schwarzkupferkœnig). Retiré du fond du bassin de coulée.

C. *Affinage du cuivre noir.*

(20) *Crasses d'affinage* (gaarkraetze, gaarschlacke). En masses cristallines, bulleuses, à cassure inégale; opaque, d'un noir de fer. Pes. spéc. = 4,609 ; dureté = 6,0. Fortement magnétiques ; difficilement fusibles. Empâtent une certaine quantité de grenailles de cuivre et d'un alliage blanchâtre de cuivre et de nickel.

(21) *Scories noires* ressemblant aux lapilli du Vésuve, magnétiques; d'une dureté = 6,0, et d'une pes. spéc. = 4,135. Ces scories (schlacke aus gaarkupfer) se rassemblent à la surface de la *rosette* supérieure du cuivre affiné, avec des cristaux de protoxyde de nickel.

(22) Rosette supérieure de cuivre affiné (gaarkupfer). C'est une plaque de cuivre cristalline, à cassure crochue, parsemée à la surface de petits cristaux octaédriques de protoxyde de nickel et de scories.

(23) *Cuivre rosette* bulleux retiré du fond du foyer d'affinage (gaarkupferkœnig).

(24) *Cuivre martelé* (hammerkupfer).

M. Kerndt a soumis à l'analyse la presque totalité des produits ci-dessus : nous rapportons ces analyses en les disposant sous forme de tableaux.

I. *Laitiers et scories.*

	LAITIERS DE LA FONTE POUR MATTE.				SCORIES de la fonte pour cuivre noir.	CRÀSSES de l'affinage du cuivre noir.	SCORIES du cuivre affiné.
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 16.	N° 20.	N° 21.
Silice	48,23	44,47	51,44	45,41	31,72	7,88	32,23
Alumine	6,51	12,96	19,32	18,11	2,83	0,81	5,60
Deutoxyde de cuivre	0,58	»	»	0,30	1,07	1,26	4.79
Protoxyde de cuivre	»	1,23	»	»	»	»	»
Protoxyde de molybdène	traces.	0,38	»	0,25	0,23	2,36	0,87
Protoxyde de fer	14,13	7,85	5,88	6,31	47,80	82,49	20,72
Protoxyde de cobalt	traces.	traces.	traces.	»	0,25	traces.	traces.
Protoxyde de nickel	traces.	traces.	traces.	»	traces.	3,59	34,16
Protoxyde de manganèse	0,65	0,30	0,89	0,84	traces.	traces.	»
Magnésie	3,35	7,00	1,40	7,15	3,86	»	traces.
Chaux	23,06	21,20	17,80	18,49	8,06	1,70	traces.
Potasse	3,73	2,90	1,78	3,09	3,68	0,31	1,23
Soude	0,88	0,87	0,65	0,70	1,26	0,25	0,43
Sulfure de cuivre	»	»	0,67	»	»	»	»
Sulfure de molybdène	»	»	0,20	»	»	»	»
Sulfure de fer	»	»	1,04	»	»	»	»
	101,12	99,16	101,07	100,65	100,76	100,65	100,03
	$Al^3R^{12}Si^{25}$ ou $12RSi^2 + Al^3Si$	AlR^2Si^4 ou $R^2Si^3 + AlSi$	$Al^{12}R^{10}Si^{28}$ ou $10RSi^2 + 2Al^6Si^4$	$Al^5R^6Si^{14}$ ou $3R^2Si^3 + 5AlSi$	$Al^3R^{36}Si^{38}$ ou $36RSi + Al^3Si^2$	R^6Si	AlR^5Si^6 ou $5RSi + AlSi$

II. *Mattes et alliages.*

	PREMIÈRE MATTE.		DEUXIÈME MATTE.	BLENDE.	DÉPÔTS FERRUGINEUX.	
	N° 11.	N° 12.	N° 17.	N° 9.	N° 13.	N° 14.
Soufre	28,29	26,57	22,51	31,89	0,31	0,59
Phosphore	»	»	»	»	0,04	1,04
Arsenic	»	»	»	»	traces.	»
Silicium	»	»	»	»	1,28	2,98
Carbone	»	»	»	»	1,12	0,73
Aluminium	»	»	»	»	traces.	traces.
Calcium	0,44	0,96	traces.	1,06	»	»
Fer	27,08	24,96	13,70	4,08	84,24	86,64
Manganèse	»	2,33	traces.	0,55	traces.	»
Cobalt	traces.	traces.	4,11	»	2,85	3,61
Nickel	0,57	1,14	traces.	»	traces.	traces.
Zinc	»	»	»	57,51	»	»
Molybdène	»	»	»	0,15	6,98	»
Plomb	1,21	0,87	»	2,79	»	»
Cuivre	42,95	43,81	61,26	1,06	4,52	5,19
Argent	»	0,09	»	»	»	»
	100,54	100,63	101,58	99,09	101,34	100,78

III. *Cuivres noirs et affinés.*

	CUIVRE NOIR.		CUIVRE ROSETTE.		CUIVRE martelé.
	N° 18.	N° 19.	N° 22.	N° 23.	N° 24.
Argent.	0,059	0,10	traces.	0,13	0,10
Plomb.	0,31	0,89	0,60	0,07	0,21
Fer.	1,66	1,41	»	0,23	0,02
Cobalt	traces.	traces.	»	»	»
Nickel	3,28	4,15	1,10	0,27	0,28
Aluminium	traces.	»	»	»	»
Magnésium	0,01	traces.	0,12	traces.	0,01
Calcium	0,05	0,13	0,10	0,04	0,03
Potassium.	0,03	0,10	0,32	0,07	0,04
Protoxyde de nickel.	»	»	13.86	»	traces.
Soufre.	11,31	0,98	traces.	traces.	traces.
Scories.	»	»	traces.	0,22	traces.
Cuivre.	83,29	92,24	83,90	98,97	99,31
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

M. Kerndt a en outre analysé une série de cuivres du commerce ; ce sont :

(25) *Cuivre du Japon* en lingots.

(26) *Cuivre rosette* d'Afvesta.

(27) *Cuivre en lingots* de Norwège. Très-malléable.

(28) *Cuivre rosette* de Gustav et Carlsberg.

(29) *Cuivre rosette* de Dillenbourg. Première rosette (oberst scheibe).

(30) *Cuivre rosette* de Dillenbourg. Rosette du milieu (mittlere scheibe).

(31) *Cuivre rosette* de Dillenbourg. Régule (kupferkœnig).

(32) *Cuivre de cément* affiné de Berga (Westphalie). Cette dernière analyse est due à M. Bromeis.

Voici le résultat de ces dernières analyses :

Composition de divers cuivres du commerce.

	Nº 25.	Nº 26.	Nº 27.	Nº 28.	Nº 29.	Nº 30.	Nº 31.	Nº 32.
Argent	0,06	0,23	traces.	»	0,056	0,056	traces.	traces.
Plomb	0,74	0,47	traces.	0,19	»	0,038	0,069	»
Étain	»	»	0,27	»	»	»	»	»
Fer	0,07	0,05	0,02	0,15	traces.	0,107	0,015	0,085
Cobalt	0,14	»	»	»	»	»	»	»
Nickel	traces.	»	»	»	»	»	»	»
Manganèse	»	0,05	traces.	»	»	»	»	»
Aluminium	»	»	0,09	»	»	»	»	»
Calcium	0,09	»	»	»	»	»	»	0,059
Potassium	0,17	»	»	»	»	»	»	»
Arsenic	traces.	»	»	»	»	»	»	»
Soufre	»	»	»	0,11	»	»	»	»
Silicates insolubles	»	0,03	»	»	»	»	traces.	»
Cuivre	98,73	99,17	99,61	99,55	99,944	99,799	99,916	99,856
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,000	100,000	100,000	100,000

9. *Analyse d'un* BRONZE ANTIQUE; par M. F. Knapp. (Ann. der Chem. u. Pharm., t. LVIII, p. 104.)

Ce bronze consiste en une hache d'origine celtique trouvée enfoncée dans la tourbe, près de Ceriguey-Druydon, dans le pays de Galles, et parfaitement conservée.

L'analyse a donné :

Cuivre...	78,92
Etain. . .	9,51
Plomb...	6,18
Nickel...	2,83
Fer. . . .	1,96
	99,40

MINÉRALOGIE. (EXTRAITS.)

TRAVAUX DE 1846.

1. *Analyse de l'*EAU MINÉRALE *de Gebangan, dans l'Inde hollandaise;* par M. Mulder. (Journ. für Prackt. Chem., t. XXVII, p. 376.)

Cette eau contient sur 100 parties :

Chlorure de calcium. . . .	0,0723
Chlorure de magnésium. . .	0,0251
Iodure de magnésium. . . .	0,0143
Chlorure de potassium. . .	0,0220
Chlorure de sodium. . . .	1,6919
Silice.	0,0035
	1,8291

M. Frésénius avait déjà analysé cette eau (Ann. der Ch. und Pharm., t. XLV, p. 308); ses résultats diffèrent un peu des précédents.

2. *Analyse de l'*EAU *du puits artésien de Mondorf* (grand-duché du Luxembourg); par M. L. Reuter. (Instit., n° 658, p. 273.)

Le puits d'où cette eau a été tirée avait 600 mèt. de profondeur; l'eau avait une température de 19° C. Elle contient :

Chlorure de sodium. . .	0,8699
Chlorure de calcium. .	0,3054
Chlorure de magnésium.	0,0215
Sulfate de chaux. . . .	0,1484
Carbonate de fer. . . .	0,0015
Carbonate de chaux. . .	0,0034
Carbonate de magnésie.	0,0003
Silice.	0,0005
Acide carbonique libre.	0,01294
Brôme, potasse, matières organiques. .	traces.
Eau..	98,63616
	100,00000

3. *Sur la présence de l'*IODE *et du* BRÔME *dans les eaux de source de Munich*; par M. Buchner. (Instit., n° 451, p. 220.)

J'ai rencontré, dit l'auteur, à plusieurs reprises, l'iode et le brôme dans les eaux provenant des sources près la caserne de Hofgarten, à Munich, qui alimentent le laboratoire pharmaceutique de l'université. La proportion de ces deux corps y est extrêmement petite, mais suffisante pour être reconnue avec certitude par les réactifs. Pour cela, je me suis servi d'un résidu d'une chaudière à vapeur alimentée avec cette eau pendant plusieurs mois. L'évaporation de ce résidu a donné beaucoup de gypse cristallisé, puis du sel marin, du nitrate de chaux et enfin des eaux mères brun foncé, consistant en nitrates et chlorures de calcium et de magnésium, sels ammoniacaux et débris organiques. Pour reconnaître l'iode et le brôme dans ces débris, on décompose la liqueur par le carbonate de soude; on sépare les carbonates terreux, on évapore à sec et l'on calcine pour détruire les matières organiques. On pulvérise le résidu et on le traite par l'alcool, puis on évapore à siccité. Le résidu salin dissous dans un peu d'eau donne facilement les réactions du brôme et de l'iode.

---

4. *Sur l'existence de l'acide phosphorique dans les eaux souterraines du bassin de Londres*; par M. Graham. (Instit., n° 654, p. 68.)

On obtient cette eau en perçant l'argile de Londres, qui forme une couche imperméable de près de 70 mètres. Cette eau coule à travers la

craie. Elle est douce, alcaline et remarquable par la grande quantité de sels de soude qu'elle renferme. M. Graham n'y a pas rencontré de potasse. Quand on l'évapore à un très-haut degré, il s'y forme un dépôt de carbonate et de phosphate de chaux. Si on évapore à sec cette portion de l'eau et que l'on fasse rougir le résidu, en reprenant par l'eau distillée, on obtient une liqueur qui donne, avec le sel d'argent, le précipité jaune des phosphates.

L'eau du puits profond creusé dans la brasserie de MM. Combe et Delafield, à Long-Alre, a laissé sur 4^lit.,54, 3^gr.,5 de matières solides composées de :

Carbonate de soude. . . .	20,70
Sulfate de soude.	42,94
Chlorure de sodium. . . .	22,58
Carbonate de chaux. . . .	10,96
Carbonate de magnésie. .	1,92
Phosphate de chaux. . . .	0,34
Phosphate de fer.	0,43
Silice.	0,79
	100,66

La végétation des conferves verts dans cette eau est très-rapide. Il serait intéressant de rechercher si l'acide phosphorique ne serait pas le principe fertilisant de certaines eaux renommées pour l'irrigation.

---

5. *Analyse des* EAUX *de la source dite* Kreuzbrunnen, *à Marienbad;* par M. C. Kersten. (Annuaire de Freiberg, 1846.)

La densité de cette eau est de 1,009, à la température même de la source 11°,85 C.

3. *Sur la présence de l'*IODE *et d*
les eaux de source de Muni
ner. (Instit., n° 451, p. 220.)

J'ai rencontré, dit l'au
prises, l'iode et le brôme d
des sources près la casern
nich, qui alimentent le
tique de l'université. L
corps y est extrêmeme
être reconnue avec c
cela, je me suis ser
à vapeur aliment
sieurs mois. L'é
beaucoup de g
du nitrate de
foncé, consi
cium et d
débris or ... *ue dans le*
brôme d ... *n Saxe;* par M. C.
par le ca ... reiberg, 1846.)
terreu
truire ... a été rencontrée par la sonde
sidu ... d'exploitation de la houillère de
à si ... st incolore et bien limpide. Sa saveur
d ... ment salée, un peu amère. Elle a une
l' ... réaction acide qu'elle doit à la présence
peu d'acide carbonique libre. Sa densité est de
,0171 à 10° C.; sa température, dans le trou de sonde, est de 14°,5; et son affluence de 12 litres environ par minute. Cette eau contient plusieurs éléments qu'on n'avait pas encore rencontrés dans les eaux minérales, ni dans les eaux salées, notamment des chlorures de baryum et de strontium, et elle ne renferme pas de sulfates.

L'analyse a donné, sur 10000 parties :

de sodium.	14,884
de calcium. . . .	6,290
magnésium. . .	3,123
potassium. . .	0,180
ontium. . .	0,040
um. . . .	0,031
. . . . .	0,359
de fer.	0,151
. . .	0,012
. . .	traces.
. .	0,024
.	0,013
	0,017
	traces.
	traces.
	25,124
. . .	41,2

AUX ACIDULES *et* GAZEUSES *de la* Joseph, *à Bilin*; par M. J. Redten- (Ann. der Chem. u. Pharm., t. LV, 6.)

L'eau de cette source a une température constante de 9°,5. Sa densité = 1,0063. L'analyse a donné, sur 10000 parties d'eau :

Sulfate de potasse.	1,283
— de soude.	8,269
Chlorure de sodium.	3,823
Carbonate de soude.	30,085
— de lithine.	0,188
— de chaux.	4,024
— de magnésie.	1,431
— de fer.	0,094
Sous-phosphate d'alumine.	0,084
Silice.	0,317
Total des éléments fixes. . . .	49,598

L'analyse a donné, sur 1000 parties :

Sulfate de soude.	4,72247
— de potasse. . . .	0,06499
Chlorure de sodium. . .	1,45380
Carbonate de soude. . .	1,15413
— de lithine. . .	0,00630
— de chaux. . .	0,60354
— de strontiane.	0,00172
— de magnésie. .	0,46360
— de protoxyde de fer.	0,04527
— de manganèse. . . .	0,00500
Phosphate de chaux. . .	0,00238
— d'alumine.	0,00700
Silice.	0,08840
	8,61860
Acide carbonique libre.	1,94760
ou en volume.	1035,74

6. *Analyse des* EAUX *d'un trou de sonde dans le terrain houiller de* Zwickau *en Saxe ;* par M. C. Kersten. (Annuaire de Freiberg, 1846.)

Cette eau, qui a été rencontrée par la sonde dans les travaux d'exploitation de la houillère de Zwickau, est incolore et bien limpide. Sa saveur est fortement salée, un peu amère. Elle a une faible réaction acide qu'elle doit à la présence d'un peu d'acide carbonique libre. Sa densité est de 1,0171 à 10° C.; sa température, dans le trou de sonde, est de 14°,5; et son affluence de 12 litres environ par minute. Cette eau contient plusieurs éléments qu'on n'avait pas encore rencontrés dans les eaux minérales, ni dans les eaux salées, notamment des chlorures de baryum et de strontium, et elle ne renferme pas de sulfates.

L'analyse a donné, sur 10000 parties :

Chlorure de sodium.	14,884
— de calcium. . . .	6,290
— de magnésium. . .	3,123
— de potassium. . .	0,180
— de strontium. . .	0,040
— de baryum. . . .	0,031
Carbonate de chaux.	0,359
— de protoxyde de fer.	0,151
— de manganèse. . . .	0,012
— de magnésie.	traces.
Phosphate de chaux.	0,024
Alumine.	0,013
Silice.	0,017
Brôme et iode.	traces.
Matière organique brune. .	traces.
	25,124

et en volume, sur 100 parties :

Acide carbonique.	41,2

7. *Analyse des* EAUX ACIDULES *et* GAZEUSES *de la source de* Joseph, *à Bilin*; par M. J. Redtenbacher. (Ann. der Chem. u. Pharm., t. LV, p. 228.)

L'eau de cette source a une température constante de 9°,5. Sa densité = 1,0063. L'analyse a donné, sur 10000 parties d'eau :

Sulfate de potasse.	1,283
— de soude.	8,269
Chlorure de sodium.	3,823
Carbonate de soude.	30,085
— de lithine.	0,188
— de chaux.	4,024
— de magnésie.	1,431
— de fer.	0,094
Sous-phosphate d'alumine.	0,084
Silice.	0,317
Total des éléments fixes. . . .	49,598

Acide carbonique	à l'état de bicarbonate.	15,092
	à l'état libre.	17,247
		32,349

8. *Sur la diminution de densité qu'éprouve la* PORCELAINE *par l'action de la chaleur*; par M. G. Rose. (Ann. de Pogg., t. LXVI, p. 97.)

M. Al. de Brongniart nous apprend, dans son *Traité des arts céramiques*, que la porcelaine dégourdie a une densité plus considérable que celle qui a éprouvé une cuisson complète. Ce fait est d'autant plus singulier que la porcelaine se contracte par la chaleur.

M. G. Rose a fait à ce sujet, à la manufacture royale de Berlin, où la cuisson est à une température plus élevée qu'à Sèvres, un certain nombre d'expériences, qui l'ont conduit au même résultat. En voici le tableau :

N° 1.	Échantillon seulement dégourdi :	densité.	2,613
2.	Retiré après 3 heures de grand feu :	—	2,589
3.	— 4 —	—	2,566
4.	— 5 —	—	2,452
5.	— 6 —	—	2,310
6.	— 7 —	—	2,374
7.	— 8 —	—	2,347
8.	— 9 —	—	2,334
9.	Complétement cuit :	—	2,345

On pourrait en partie expliquer ce phénomène par le fait de la diminution de densité qu'éprouve le feldspath en passant de l'état cristallin à l'état fondu; ainsi M. Rose a trouvé, pour le feldspath du Saint-Gothard :

A l'état cristallisé, une densité de		2,5756
— fondu,	—	2,3870

pour le feldspath d'Ischia :

A l'état cristallisé, une densité de	2,5972
— fondu, —	2,4008

enfin, pour le feldspath employé à la manufacture de Berlin :

A l'état cristallisé, une densité de	2,592
— fondu, —	2,384

Le kaolin employé à la même manufacture :

Calciné 20′ sur une lampe à esprit-de-vin à double courant d'air, avait une densité de	2,633
Calciné au grand feu du four à porcelaine, cette densité s'est réduite à.	2,562—2,564

La pâte à porcelaine de Berlin se compose de :

198 de kaolin, tenant 7,2 p. 0/0 d'eau ;
50 de feldspath ;

ou bien :

Kaolin sec. .	76,01
Feldspath. . .	23,99
	100,00

D'après Forchhammer, ce kaolin, qui vient de Moll, près Halle, aurait la composition suivante :

Alumine.	22,00
Oxydes de fer, de manganèse et magnésie. .	1,87
Silice.	27,96
Eau.	7,43
Potasse.	0,17
Carbonate de chaux.	0,33
Quartz.	39,19
	98,95

9. *Analyse de l'*ACHMITE; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 505.)

Les échantillons soumis à l'analyse étaient noirs

et leur densité était, en fragments de 3,43, et en poudre de 3,53. On y a trouvé :

Silice.	54,13
Oxyde ferrique. . .	34,44

Dans la silice et l'oxyde de fer on a trouvé 3,1 p. o/o d'acide titanique retenant une assez forte proportion de silice.

Selon M. Rammelsberg, l'achmite serait un mélange intime de fer titané avec le silicate double de fer et de soude.



10. *Analyse de l'*ANDALOUSITE *de Weitschen* (vallée de Tribisch); par M. Kersten. (J. für Prackt. Chem., t. XXXVII, p. 162.)

Cette andalousite avait une densité de 3,152 et était en cristaux très-purs. L'analyse a donné :

Silice.	37,51
Alumine.	60,01
Oxyde ferrique. . .	1,49
Chaux.	0,48
Magnésie.	0,46
Oxyde manganeux. .	traces.
	99,95

ce qui conduit à la formule :

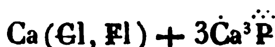


11. *Analyse de l'*APATITE *de Schwarzenstein*; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 506.)

L'apatite en beaux cristaux de Schwarzenstein, dans le Zillerthal (Tyrol), contient :

Chaux. . . .	55,31
Chlore. . . .	0,07

La formule



conduirait à la composition :

Chaux.	55,31
Acide phosphorique. . .	42,58
Chlore.	0,07
Fluor.	3,63
	101,59

En employant la méthode de M. Woehler pour doser directement le fluor, M. Rammelsberg en a trouvé au plus 0,93 dans l'apatite. Il reste donc encore à savoir si la méthode analytique est vicieuse ou si la formule ci-dessus doit être modifiée.

---

12. *Analyse de l'*APOPHYLLITE *d'Andréasberg*; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. XLVIII, p. 506.)

Nous mettons l'analyse de l'apophyllite d'Andréasberg, par M. Rammelsberg, en regard de celle d'Utö, par M. Berzélius :

	Utö.	Andréasberg.
Silice. . .	52,13	51,33
Chaux. .	24,43	25,86
Potasse.	5,27	4,90
Fluor. . .	1,54	1,28
Eau. . .	16,20	non déterminé.
	99,57	

M. Rammelsberg regarde l'apophyllite comme un silicate double de potasse et de chaux :



ou plus simplement :



$$\dot{R}\dddot{S}i + 2\dot{H},$$

dans lequel le fluor remplace une partie de l'oxygène.

---

13. *Sur un cristal hémitrope d'*ARGENT NATIF *de Kongsberg*; par G. Rose. (Ann. de Pogg., t. LXIV, p. 533.)

Ce cristal, qui appartient à M. Descloizeaux, a la forme d'un prisme à huit faces surmonté d'un pointement à six faces.

C'est un cristal hémitrope formé selon la loi ordinaire puisque l'hémitropie a lieu parallèlement à une face de l'octaèdre. La forme de chacun des cristaux élémentaires est une combinaison de l'ikositétraèdre (3 a : 3 a : a) avec l'octaèdre, et celle du cristal hémitrope est due à ce que : 1° ledit cristal est allongé parallèlement à une face de l'octaèdre; 2° plusieurs des faces situées autour du sommet ont disparu de manière à produire une pyramide a six faces. Les *fig.* 8 et 9, *Pl. XVI*, représentent l'élévation et le plan du cristal hémitrope; la *fig.* 10, ce même cristal vu de côté. Les *fig.* 3 à 7 servent à expliquer l'hémitropie ci-dessus.

La *fig.* 3 est la projection de l'ikositétraèdre ci-dessus, dans lequel les angles correspondants à l'octaèdre et au cube, et les angles intermédiaires, sont respectivement désignés par A, O et E. L'inclinaison des faces qui se coupent suivant une arête passant par les angles A et E est de 144° 54', suivant une arête passant par O et E de 129° 31'.

La *fig.* 4 est la projection du même ikositétraèdre que l'on aurait fait tourner de 54° 44' autour de l'axe E'E'. Il semble alors décomposable en

deux rhomboèdres 2/5 *r* et 4 *r* et un dodécaèdre hexagonal *t* (au lieu d'un dodécaèdre hexagonal, ce serait un skalénoèdre pour tous les autres ikositétraèdres); si l'on part de cette hypothèse, qui consiste à regarder le cube comme un cas particulier du rhomboèdre, on aura :

Pour le cube. .	(a : a ∞a : c)	a : c = 1 : $\sqrt{3/2}$
2/5 *r*	= (5/2a : 5/2a : ∞a : c)	
4 *r*	= (1/4a : 1/4a : ∞a : c)	
t	= (3/2a : 3/4a : 3/2a : c)	

L'inclinaison des faces est :

Pour le rhomboèdre 2/5 *r*,	sur l'axe. . . .	60°	30′ 1/2
— 4 *r*,	—	10	1 1/2
Pour le dodécaèdre hexagonal *t*,	sur les arêtes culminantes.	144	54
	sur les arêtes latérales. .	117	2

La *fig.* 5 est une projection normale à la précédente.

La *fig.* 6 est la projection, sur le plan d'hémitropie, de l'ikositétraèdre hémitrope auquel on a ajouté les faces de l'octaèdre. Parmi celles-ci, deux (*c*) sont parallèles au plan de projection, et les autres peuvent être regardées comme appartenant au rhomboèdre 2 *r'* = (∞*a* : 1/2 *a* : 1/2 *a* : *c*). Les faces de chacun des rhomboèdres 4 *r* forment, sur le plan d'hémitropie, qui est un hexagone régulier, trois angles rentrants de 159° 57′, alternant les uns avec les autres.

La *fig.* 7 est une projection du cristal hémitrope perpendiculairement au plan d'hémitropie.

La *fig.* 8, qui représente le cristal de Kongsberg, n'est autre que la *fig.* 6 allongée parallèlement à une face de l'octaèdre. Ce sont les faces 2 *r*, *c*, 2/3 *r* et 4 *r*, perpendiculaires au plan de projection, *fig.* 7, qui se développent dans chaque demi-

cristal et viennent former un prisme vertical à huit faces; les angles sous lesquels les faces 2 *r'*, *c*, 2/5 *r* et 4 *r* se coupent sont de 109° 28', 150° 30' 1/2 et 129° 31'. Le plan d'hémitropie passe par deux arêtes latérales formées par la rencontre des faces 2 *r'* de chaque demi-cristal d'un côté et 4 *r* de l'autre, lesquelles faces se coupent respectivement sous des angles de 109° 28' et 159° 57'. Il en résulte que le prisme a huit faces à quatre sortes d'angles.

3 égaux à. . .		109° 28'
2	—	150 30 1/2
2	—	129 31
1	—	159 57

Le prisme à huit pans est surmonté d'un pointement à six faces, formées de deux faces *t* et d'une face 2/5 *r* de chaque demi-cristal. Le plan d'hémitropie passe par les arêtes déterminées par la rencontre des faces *t* de chaque cristal. Ces deux arêtes font entre elles un angle de 117° 2'; c'est l'angle des arêtes latérales du dodécaèdre hexagonal *t*. L'angle des arêtes formées par la rencontre des faces *t* et 2/5 *r*, déjà indiquées dans la *fig*. 6, est de 144° 54', et celui des arêtes formées par les faces non indiquées dans cette même figure est de 117° 2'; le sommet hexagonal (*fig*. 9) n'a donc que deux sortes d'angles, savoir : quatre angles de 117° 2' et deux angles de 144° 54'.

De même que le sommet hexagonal, le plan hexagonal parallèle à une face du dodécaèdre qui coupe le sommet perpendiculairement à l'axe, n'a que des angles de deux espèces, savoir : quatre angles de 109° 28', où viennent se réunir les arêtes de 117° 2' et deux angles de 141° 4', où se joignent les arêtes de 144° 54'.

La *fig*. 10 est une vue de côté de ce cristal si

remarquable, lequel porte encore, parmi les faces verticales, une face du cube qui tronque légèrement et tangentiellement l'arête de 129° 31′ entre les faces $2/5\,r$ et $4\,r$, et que l'on n'a pas indiquées sur les figures.

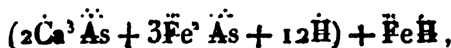
---

14. *Analyse de l'*ARSÉNIO-SIDÉRITE; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 508.)

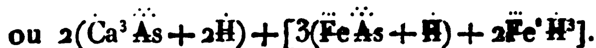
Ce minéral a une densité de 3,88. L'eau ne lui enlève ni acide arsénique, ni acide sulfurique; il ne renferme ni oxyde ferreux, ni silice, ni acide carbonique. L'analyse a donné :

		Oxygène.	Rapp. atom.
Acide arsénique. .	39,16	13,59	25
Oxyde ferrique. . .	40,00	12,00	21
Chaux.	12,18	3,46	6
Eau.	8,66	7,69	13
	100,00		

ce qui conduit à la formule :



$$(2\dot{C}a^3\dddot{\dot{A}}s + 3\ddot{F}e^2\dddot{\dot{A}}s + 12\dot{H}) + \ddot{F}e\dot{H},$$



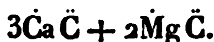
$$\text{ou } 2(Ca^3\dddot{\dot{A}}s + 2\dot{H}) + [3(\ddot{F}e\dddot{\dot{A}}s + \dot{H}) + 2\ddot{F}e^2\dot{H}^3].$$

---

15. *Sur le gisement et la composition de l'*ASPHALTE *de l'île de Brazza et de quelques autres points de la Dalmatie*; par M. C. Kersten. (Journ. f. Prackt. Chem., t. XXXV, p. 271.)

Le gisement d'asphalte qui se trouve dans l'île de Brazza, en face de Spalatro, a été découvert en 1839. Il se trouve engagé dans une roche dolo-

mitique du terrain jurassique, ayant une composition représentée par la formule :



L'analyse de la roche asphaltique a donné :

Asphalte.	7,12
Carbonate de chaux.	58,10
— de magnésie.	32,58
— de fer.	1,10
Chlorures de sodium et de calcium.	0,97
	99,87

L'asphalte retiré de cette roche, par une sorte de liquation, est d'un noir de poix, à cassure brillante, fusible à 90° et complétement soluble dans l'essence de térébenthine. Il est composé de :

Huile volatile (pétrolène).	5,0
Résine brune soluble dans l'éther.	20,0
Résine jaune soluble dans l'alcool.	1,0
Bitume insoluble dans l'alcool et l'éther (asphaltène).	74,0
	100,0

1 partie de ce bitume et 10 p. de la roche bitumineuse brute, mélangées à chaud, forment un ciment bitumineux très-employé en Italie pour le dallage des trottoirs, etc.

A *Morrovwizza*, près Sebenico, on trouve un asphalte analogue remplissant des cavités dans un calcaire jurassique, qui a pour composition :

Carbonate de chaux.	95,14
— de magnésie.	4,10
— de fer. . . .	0,76
	100,00

Ce gîte n'est pas exploité à cause de l'irrégularité de gisement du bitume.

En 1843, on a découvert à *Porto-Mandolo*, près Trau, dans le calcaire jurassique, un gîte d'asphalte, consistant en dolomie imprégnée de bitume et entièrement analogue à celui de Brazza. Il est actuellement exploité.

---

16. *Analyse de la* BARYTE SULFATÉE *de Goerzig* (Anhalt-Coethen); par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 514.)

Ce minéral se trouve en cristaux disséminés dans l'argile grise du terrain de lignite. Sa densité = 4,488. L'analyse a donné :

Sulfate de baryte. . .	83,48
— de strontiane.	15,12
— de chaux. . .	0,89
Mélange terreux. . .	0,25
	99,74

Il est remarquable par la grande proportion de sulfate de strontiane qu'il renferme.

---

17. *Analyses de la* BERGMANNITE *de Norwège*; par M. Th. Scheerer. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 277.)

Ce minéral accompagne assez fréquemment, en Norwège, la syénite zirconienne, surtout dans l'île de Langesund-Fjord, près Brevig, et aux environs de Laurvig et Fredricksvärn. Il est tantôt blanc, tantôt d'un rouge de chair. L'analyse de ces deux variétés a donné les résultats suivants :

	Variété rouge.	Variété blanche.
Silice.	47,97	48,12
Alumine.	26,66	26,96
Oxyde de fer. .	0,73	0,22
Chaux.	0,68	0,69
Soude.	14,07	14,23
Potasse.	traces.	traces.
Eau.	9,77	10,48
	99,88	100,70

Ces analyses portent à regarder la bergmannite comme une mésotype à base de soude, semblable aux mésotypes de Högau, d'Auvergne, etc.

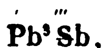
---

18. *Analyse de la* BOULANGÉRITE; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 509.)

L'échantillon analysé est fibreux, tendre, gris noirâtre, et a été trouvé par M. Ziucken dans la mine d'antimoine de Wolfsberg. Sa densité est, en fragments, de 5,75; en poudre, de 5,96. L'analyse par le chlore a donné :

Soufre. . .	18,91
Plomb. . .	55,15

Ce qui s'accorde avec la formule :



$$\overset{'}{Pb}{}^{3}\,\overset{'''}{Sb},$$

adoptée pour la boulangérite.

---

19. *Analyse d'une* BRAUNITE *de Norwège*; par M. Tönsager. (Ann. de Pogg., t. XLV, p. 281.)

L'analyse de ce minéral, qui se trouve en masses grenues formant des veines dans le quartzite de Botnedale, vallée de l'Oevre-Tellemarken, a donné :

Peroxyde de manganèse. .	86,40
Oxyde de fer.	1,57
Silice.	6,22
Eau	1,98
Matières insolubles.	3,62
	99,79

La matière insoluble dans les acides et la silice proviennent en grande partie du manganèse silicaté rose qui accompagne la braunite.

20. *Analyse d'une* BRONZITE d'Ujardlersoak (Groënland); par M. de Kobell. (J. f. prackt. Chem., t. XXXVI, p. 303.)

L'analyse a donné :

		Oxygène.
Silice.	58,00	30,13
Alumine.	1,33	0,62
Oxyde ferreux. . . .	10,14	2,30
Oxyde manganeux. .	1,00	0,22
Magnésie.	29,66	11,47
	100,13	

Ce qui conduit à la formule (Mg, F)Si².

21. *Sur le* CASTOR *et le* POLLUX; par MM. A. Breithaupt et Plattner. (Ann. de Pogg., t. LXIX, p. 436 et 443.)

Ces deux minéraux ont une grande ressemblance entre eux; ils viennent de l'île d'Elbe, sont enclavés dans le granite et ressemblent à des cristaux de quartz informes.

Castor. Le castor a un éclat vitreux très-vif; il est incolore, transparent et possède la double réfraction à deux axes. Les figures 11 et 12, *Pl. XVI*, représentent deux de ses cristaux qui paraissent appartenir

au prisme rhomboïdal oblique; le seul angle qu'on puisse mesurer est celui de P sur M qui est d'environ 128° 1/2 à 129°; ils présentent des clivages nets suivant ces faces. Sa dureté = 8 1/4 à 8 1/2; sa densité varie de 2,382 à 2,401.

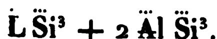
Au chalumeau, dans le matras, le castor ne donne pas d'eau. En esquilles minces, il fond difficilement en une perle incolore et transparente; il colore la flamme extérieure en rouge de carmin intense. Il se dissout facilement dans le borax en donnant une perle incolore. Avec le sel de phosphore, il laisse un squelette de silice, et la perle devient opaline par le refroidissement. Il fond avec la soude, sur le charbon, en bouillonnant et donnant une perle incolore. Chauffé jusqu'à fusion dans la flamme de réduction, après avoir été humecté de nitrate de cobalt, il se colore en bleu.

Il n'est point attaqué par l'acide chlorhydrique.

Deux analyses par le carbonate de soude et une analyse par l'acide fluorhydrique ont donné :

	I.	II.	III.	Moyenne.	Oxygène.		Rapp. et.
Silice.	77,900	78,125	»	78,012		40,527	27
Alumine.	18,839	18,499	19,230	18,856	8,806	8,994	6
Oxyde de fer et traces de manganèse.	0,615	0,627	0,596	0,613	0,188		
Lithine et traces de potasse et de soude. . .	»	»	2,760	2,760		1,522	1
				100,241			

Ce qui conduit à la formule



$$\dot{L}\,\dddot{Si}^3 + 2\,\dddot{Al}\,\dddot{Si}^3.$$

Pollux. Ce minéral a un éclat vitreux très-vif. Il est incolore, transparent et jouit de la double réfraction à deux axes. Sa cassure est conchoïde et

il ne présente que des traces de clivages. Ses cristaux ne sont pas mesurables; les plus nets ont la forme fig. 13, *Pl. XVI*, et paraissent être des cristaux hémitropes. Sa dureté = 8 1/4 à 8 1/2; sa densité varie de 2,868 à 2,892.

Au chalumeau, dans le matras, il perd un peu d'eau et devient opalin. En esquilles minces, il fond sur les bords en émail blanc et colore la flamme extérieure en jaune rougeâtre. Avec le borax il donne une perle jaunâtre, qui devient incolore par le refroidissement. Avec le sel de phosphore, il donne un squelette de silice. Il est complétement attaqué à chaud par l'acide chlorhydrique qui sépare la silice sous forme pulvérulente : l'analyse, par cet acide, a donné :

			Oxygène.	Rap. at.
Silice	46,200		24,001	27
Alumine	16,394	7,656	7,920	9
Oxyde de fer	0,862	0,264		
Potasse	16,506		2,798	3
Soude et trace de lithine	10,470		2,678	3
Eau	2,321		2,063	2
	92,753			

Ce qui conduit à la formule



$$3\dot{K}\,\dddot{Si} + 3\dot{Na}\,\dddot{Si} + 3\dddot{Al}\,\dddot{Si} + 2\dot{H}.$$

---

22. *Sur une hémitropie de la* CHAUX CARBONATÉE *de Norwège*; par M. Scheerer. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 288.)

Chaque demi-cristal est la moitié d'un skalénoèdre R^3, dont l'une a tourné de 180° sur l'autre, de manière à former un prisme rhomboïdal sous

les angles 104° 38′ et 75° 22′, surmonté d'un pointement en queue d'hironde, comme l'indiquent les *fig.* 14 et 15, *Pl. XVI*, qui représentent les projections du cristal sur des plans respectivement perpendiculaire et parallèle au plan d'hémitropie.

---

23. *Sur la* CHIOLITE; par M. Hermann. (Journ. f. Prackt. Chem., t. XXXVII, p. 188.)

Ce nouveau minéral a été trouvé dans la mine de topaze n° 5 de Miask, formant un filon dans le granite graphique. Il est ordinairement compacte: certaines parties sont spathiques et se clivent sous un angle de 66°. Dans les cavités on a trouvé des cristaux trop petits et trop peu nets pour être déterminés. Il est blanc. Sa dureté égale celle de la chaux fluatée. Son éclat est vitreux, un peu gras. Sa densité = 2,72. Il fond dans le matras sans dégager d'eau. Dans le tube ouvert on reconnaît le fluor; avec le borax et le sel de phosphore il fond très-facilement en une perle incolore.

Avec l'acide sulfurique, il bouillonne et dégage de l'acide hydrofluorique. L'analyse a donné :

Aluminium...	18,69
Sodium....	23,78
Fluor......	57,53
	100,00

ce qui conduit à la formule :



$$3NaFl + 2AlFl^3,$$

tandis que la formule de la kryolite est :



$$3NaFl + AlFl^3.$$

---

24. *Analyse du* COBALT *de Rajpootanah*; par M. Middleton. (Philos. Magazine, 3e série, t. XXVIII, p. 352.)

Ce minerai se rencontre en abondance dans les mines de cuivre de Rajpootanah (Indes occidentales), en bandes ou grains disséminés de couleur gris d'acier tirant sur le jaune, dans les schistes primitifs. Il est mélangé de 9,22 p. 100 de pyrite magnétique, que l'on en sépare aisément à l'aide du barreau aimanté.

Cette pyrite a donné à l'analyse :

Fer. . . .	62,27
Soufre. . .	37,73
	100,00

Le sulfure du cobalt est composé de :

Cobalt. . .	64,64
Soufre. . .	35,36
	100,00

ce qui conduit à la formule Co^2S.

---

25. *Sur la* COLUMBITE *et l'*YTTÉRO-ILMÉNITE *de l'Ilmengebirge*; par M. Hermann. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVIII, p. 119 et 121.)

1° *Columbite.*

La columbite de l'Ilmengebirge cristallise, d'après M. Auerbach (*fig.* 16 et 17, *Pl. XVI*), dans le système du prisme rhomboïdal droit *ab*, qui est modifié par deux prismes rhomboïdaux verticaux $g = a : b : \infty c$, et $1/3\, g = 3a : b : \infty c$. Ordinairement les sommets sont terminés seulement

par l'octaèdre à base rhombe $u = 3a : b : c$ placé sur le prisme $1/3\,g$. Souvent, en outre, ils présentent (*fig.* 18) les faces $2f$ du prisme horizontal $\infty a : 1/2\,b : c$. Les faces a et g sont seules assez brillantes pour qu'on puisse en mesurer l'angle au goniomètre à réflexion : cet angle est de 140° 18'. Les faces b et $1/3\,g$ sont beaucoup moins nettes, et les autres faces sont presque toujours mattes. L'angle de a sur $1/3\,g$, mesuré au goniomètre d'application, est d'environ 112° 15'. La cassure des cristaux est inégale et grenue; leur rayure noir-brun foncé. Ils sont opaques, cassants, ayant la dureté du feldspath. Densité = 5,43 à 5,73; moyenne 5,57.

L'analyse a donné :

Acides analogues à l'acide tantalique.	80,47
Oxyde ferreux.	8,50
Oxyde manganeux.	6,09
Magnésie.	2,44
Yttria.	2,00
Oxyde uraneux.	0,50
	100,00

2° *Yttéro-ilménite.*

Ce minéral a déjà été examiné par M. G. Rose, qui avait conclu de l'essai au chalumeau (voir *Annales des mines*, 4e série, t. VIII, p. 708) que c'était de l'urano-tantale. Il est associé à la columbite, avec laquelle il est complétement isomorphe, au point que l'on a fréquemment des cristaux dont une partie est composée de columbite, et l'autre partie d'yttéro-ilménite. Ses angles sont identiques; la cassure des cristaux est extrêmement polie, vitreuse et présente un éclat métallique. A l'extérieur, leur couleur est d'un brun-grisâtre, et noir à l'intérieur. Leur densité est in-

termédiaire entre celles de la chaux phosphatée et du feldspath. La densité sur trois échantillons a été trouvée de 5,398; 5,430; 5,450. Les autres caractères ont déjà été donnés dans l'article précité.

Deux analyses, faites sur des échantillons (*a*), dont la densité = 5,398, et *b*, dont la densité = 5,430, préalablement calcinés, ont donné :

	(*a*)	(*b*)
Acide ilménique.	61,33	57,813
Acide titanique.	1,50	5,901
Oxyde de cérium et de l'anthane. . .	traces.	2,273
Yttria.	19,74	18,302
Oxyde uraneux.	5,64	1,869
Oxyde ferreux.	8,06	13,613
Oxyde manganeux.	1,00	0,330
Chaux.	2,08	0,500
Eau.	1,66	»
	100,01	100,601

---

26. *Comparaison des formes cristallines de la* COLUMBITE *et du* WOLFRAM; par M. G. Rose. (Ann. de Pogg., t. LXIV, p. 171 et 336.)

1° *Columbite.*

On ne connaît en Europe qu'un seul gisement de columbite, celui de Bodenmais dans le Boehmerwald; on l'a aussi trouvée aux États-Unis d'Amérique, à Haddam et Middletown dans le Connecticut, à Chesterfield et Beverly dans le Massachusetts, et à Acworth dans le New-Hampshire; on la trouve en grains ou cristaux isolés dans le granite avec des tourmalines, émeraudes, etc. Les cristaux ont quelquefois des dimensions considérables, ainsi M. Johnston décrit (Jour. de Sillim., t. XXX, p. 387) un fragment de cristal ayant plus de $0^m,15$ en tous sens.

Les cristaux de columbite appartiennent à un prisme rectangulaire droit, aplati par le développement des faces *a* (*fig.* 19 à 21, *Pl. XVI*), modifié sur ses arêtes latérales par trois prismes rhomboïdaux droits $2g$, g, $1/3g$, et surmonté d'un octaèdre à base rhombe *u* placé sur les arêtes de la base du prisme $1/3g$. D'après Torrey, les cristaux de Haddam ne présentent que ce seul pointement. Ceux de Bodenmais présentent en outre la base *c*, les faces d'un prisme horizontal $2f$, et souvent celles d'un octaèdre à base rhombe placé sur les arêtes du prisme précédent. Outre les modifications précitées, les cristaux de Middletown présentent, suivant Dana, un second prisme horizontal $1/3\,d$ placé sur les arêtes de l'octaèdre *n*, et un nouvel octaèdre à base rhombe *o*, dont les faces coupent celles du prisme *g*, suivant des arêtes horizontales et qui paraissent être des modifications placées sur les arêtes d'intersection du prisme *a* avec l'octaèdre *u*.

Il y a trois clivages dans la columbite, l'un facile suivant les faces *a*, un autre suivant les faces *b*, et un autre peu net suivant la base *c*. Les faces du cristal sont unies, excepté celles *a*, qui est fortement striée dans le sens vertical.

D'après Dana, qui a mesuré récemment au goniomètre à réflexion les angles de la columbite, et qui a pris l'octaèdre *o* pour forme primitive, voici les éléments des cristaux :

$$a : b : c = 1 : 1,206 : 1,0584 : = 1 : \sqrt{1,454} : \sqrt{1,12}.$$

Les faces isolées sont :

$$\begin{aligned} a &= (a : \infty b : \infty c) \\ b &= (\infty a : b : \infty c) \\ c &= (\infty a : \infty b : c). \end{aligned}$$

Les octaèdres à base rhombe sont :

$o = (a : b : c)$
$u = (3a : b : c)$
$n = (3a : 1/2\, b : c)$.

Les prismes verticaux sont :

$g = (a : b : \infty c)$
$2g = (a : 2b : \infty c)$
$1/3\, g = (3a : b : c)$.

Les prismes horizontaux sont :

$1/3\, d = (3a : \infty b : c)$
$2f = (1/2\, a : \infty b : c)$.

Les angles des faces sont :

a sur	2 *g*	157°	29′	
—	*g*	140	20	
—	1/3 *g*.	111	54	
b	2 *g*	112	31	
—	*g*	129	40	
—	1/3 *g*.	158	6	
c	1/3 *d*	160	34	
a	—	109	26	
c	2 *f*.	119	40	
b	—	150	20	
o	*o* (au-dessus de *u*).	102	58	
—	*c*	126	2	
—	*g*	143	58	
u	*u*.	150	17	
u	*o*.	156	20	1/2
—	*c*.	136	36	
—	1/3 *g*	133	24	
n	*n* (au-dessus de 2 *f*).	160	29	
—	2 *f*.	170	14	1/2
—	*c*.	119	13	

Les cristaux du Bodenmais présentent quelquefois des hémitropies. Un très-beau cristal de ce genre se trouve dans le laboratoire de M. Vogel à Munich ; un autre, donné par M. Schwerin, existe dans la collection royale de Berlin. L'hémitropie

a lieu parallèlement à la face 2 *f*, comme l'indique la *fig.* 22 qui représente le cristal de Berlin ; dans ces cristaux *b* sur *b'* = 59° 20'; *c* sur *c'* = 120° 40'; et 2 *f* sur 2 *f'*, au biseau qui termine en haut le cristal = 118° 40'. Les faces *a* et *a'* sont dans le même plan et striées comme l'indique la figure, ce qui fait aisément reconnaître l'hémitropie.

2° *Wolfram.*

Le wolfram est beaucoup plus commun que la columbite, néanmoins il est assez rare d'en trouver de bien cristallisés, et les cristaux de ce genre que possède la collection de Berlin, proviennent exclusivement des quatre localités suivantes : Zinnwald, Schlaggenwald et Ehrenfriedersdorf, dans l'Erzgebirge, et Adon-Tschalon près Nertschinsk.

Ces cristaux dérivent du prisme rectangulaire droit. Ceux de Zinnwald, qui sont les plus communs, et qui sont représentés *fig.* 23, affectent la forme d'un prisme rhomboïdal droit *g*, modifié par les faces *a* parallèles à la grande diagonale. Ils présentent aussi fréquemment les faces des deux prismes verticaux 2 *g* et 1/2 *g* (*fig.* 24). Sur les angles du prisme rhomboïdal se trouvent les deux prismes horizontaux 1/2 *d* et *f*; enfin ces cristaux présentent encore des modifications *o* et *s* qui appartiennent à deux octaèdres à base rhombe.

Les cristaux de Schlaggenwald (*fig.* 27), d'Ehrenfriedersdorf (*fig.* 25) et de Nertschinsk (*fig.* 26) ne diffèrent des précédents que par le développement de certaines faces et surtout des faces *a*, ce qui leur donne une forme tabulaire.

Les faces *a*, 2 *g* et *g* sont fortement striées. Il y a un clivage facile parallèle à *b* et un clivage imparfait parallèle à *a*.

En prenant l'octaèdre *o* pour forme primitive, voici les éléments des cristaux :

Faces isolées :

$a = (a : \infty b : \infty c)$
$b = (\infty a : b : \infty c)$
$c = (\infty a : \infty b : c)$.

Octaèdres à base rhombe :

$o = (a : b : c)$
$s = (a : 1/2\, b : c)$.

Prismes verticaux :

$g = (a : b : \infty c)$
$2g = (a : 2\, b : \infty c)$
$1/2 g = (2\, a : b : \infty c)$.

Prismes horizontaux :

$1/2\, d = (2\, a : \infty b : c)$
$f = (a : \infty b : c)$.

La détermination des angles du wolfram n'a pas encore été faite exactement à cause des stries et des inégalités que présentent la plupart des faces D'après quelques mesures de Phillips, Naumann a calculé que

$$a : b : c = 0{,}8231 : 1 : 0{,}851.$$

ce qui donne

g sur *g*.	=	101°	5′
a *g*.	=	140	32 1/2
a 2 *g*.	=	157	38
a 1/2 *g*.	=	121	17
1/2 *d* 1/2 *d*.	=	125	20
c 1/2 *d*.	=	152	40
f *f*.	=	99	12
c *f*.	=	139	36
o *o* (au-dessus de *f*).	=	141	47

Le wolfram présente également des cristaux hémitropes; les plus communs accolés parallèlement

ticules de fer oxydulé magnétique, de hornblende et d'un minéral rose hyacinthe (peut-être de la monazite), qu'on en sépare enfin complétement à l'aide d'un triage à la loupe, de lavages et d'un traitement par l'acide chlorhydrique concentré. L'apatite dont M. Woehler disposait, ne renferme que 2 à 3 p. o/o de cryptolithe. Ce minéral ne se trouve pas dans toutes les apatites d'Arendal et est, en général, borné à certains points de leur masse, particulièrement aux points rougeâtres. On n'a pu le découvrir dans les apatites jaunes de Snarum.

L'examen microscopique de ce minéral montre que ses cristaux sont des prismes à six faces, de couleur vin paillé très-pâle. Sa densité = 4,6. Une calcination modérée ne l'altère pas et il ne perd rien de son poids. L'analyse qualitative a montré qu'il ne renfermait que de l'acide phosphorique, du protoxyde de cérium et une très-faible proportion de protoxyde de fer.

Pour faire l'analyse quantitative, on a pris 0gr.,521 de matière réduite en poudre fine que l'on a attaquée à chaud par l'acide sulfurique concentré. A mesure que l'acide réagit, le minéral se transforme en une masse sèche, terreuse, complétement soluble dans l'eau : on a dissous la masse dans un peu d'eau, et après avoir mélangé la dissolution avec plusieurs fois son volume d'une dissolution bouillante et saturée de sulfate de potasse, on en a précipité le protoxyde de cérium à l'état de sel double blanc et pulvérulent qu'on a lavé avec une solution saturée de sulfate de potasse. Dans la liqueur filtrée, on a précipité, par l'ammoniaque, 0gr.,014 de phosphate d'oxyde de fer correspondant à 1,516 p. o/o de protoxyde de fer et 1,002 p. o/o d'acide phosphorique; la liqueur filtrée a été mé-

langée à du carbonate d'ammoniaque et à du sulfate de magnésie, et le précipité obtenu, lavé avec de l'ammoniaque caustique étendue, puis calciné, a donné $0^{gr},217$ de phosphate de magnésie correspondant à 26,37 p. o/o d'acide phosphorique. Enfin le sel double de cérium a été dissous complétement à chaud dans de l'acide chlorhydrique étendu, puis précipité par un excès de potasse caustique; on a ainsi obtenu $0^{gr},384$ d'oxyde de cérium. En résumé, l'analyse a donné :

Oxyde de cérium.	73,70
Protoxyde de fer.	1,51
Acide phosphorique. . .	27,37
	102,58

L'excès de poids provient de ce que le cérium, pesé dans l'analyse à l'état d'oxyde, se trouve à l'état d'oxydule dans le minéral.

L'oxyde de cérium obtenu est d'un brun de cannelle; mouillé avec de l'acide nitrique concentré, évaporé et calciné, puis traité aussitôt par l'acide nitrique étendu, il s'en dissout une faible portion que l'ammoniaque précipite sous forme gélatineuse, mais qui, par la digestion dans la liqueur, devient pulvérulente et cristalline. Par la calcination ce précipité devient d'un beau brun de cannelle clair. L'acide nitrique étendu le dissout avec dégagement de gaz. La dissolution a une couleur rose pâle. Une solution saturée et chaude de sulfate de potasse en précipite un sel double pulvérulent d'un jaune-citron.

L'oxyde brun extrait par l'acide nitrique étendu est dissous par l'acide chlorhydrique concentré avec dégagement de gaz et une coloration en jaune pâle; quand on sursature la liqueur avec du car-

bonate d'ammoniaque, il se forme un précipité gélatineux ayant une faible teinte bleuâtre. La solution filtrée est d'un jaune pâle et dépose, quand on la chauffe, un précipité jaunâtre qui, par la calcination, redevient brun-cannelle. La même coloration se reproduit par la calcination du précipité gélatineux.

D'après ces résultats, il est évident que l'oxyde de cérium séparé de la cryptolithe ne contient ni zircone, ni thorine, et que, par l'absence de cette dernière, ce minéral, indépendamment de la différence de sa composition, est essentiellement différent de la monazite et de l'edwarsite qui ont été récemment réunies ensemble.

---

29. *Analyse du* CUBAN; par M. Scheidhauer. (Ann. de Pogg., t. LXIV, p. 280.)

Le cuban, nouvelle espèce de pyrite hexaédrique, dont M. Breithaupt a donné la description (Ann. de Pogg., t. LIX, p. 325), se compose de :

Soufre.	34,78
Fer.	42,51
Cuivre.	22,93
Plomb.	traces.
	100,25

ce qui conduit à la formule $2FeS + CuS$.

---

30. *Sur un* CUIVRE GRIS *en filon dans un terrain calcaire;* par M. G. Fiedler. (Ann. de Pogg., t. LXVII, p. 428.)

Ce filon paraît avoir été anciennement exploité : il s'étend comme un mur entre deux couches ver-

ticales de calcaire, dans le val d'Angina, en Toscane. Le minerai qui constitue ce filon offre tous les caractères du cuivre gris; en outre, chauffé après mélange de carbonate de soude, il dégage des vapeurs mercurielles : c'est donc un cuivre gris mercurifère. L'analyse de ce cuivre gris, que nous rapportons ci-après, est due à M. Kersten; jusqu'ici on ne connaissait de cuivre gris mercurifère que celui de Poratsch, en Hongrie, analysé par Klaproth, lequel est probablement le même que celui de Kotterbach, près Iglo, en Hongrie, analysé par M. Scheidhauer, et dont nous mettons l'analyse en regard :

	de Kotterbach.	du val d'Angina.
Antimoine....	18,48	27,47
Arsenic.....	3,98	»
Zinc.......	»	6,24
Fer.......	4,90	1,93
Mercure....	7,52	2,70
Cuivre......	39,90	35,90
Argent.....	traces.	0,33
Plomb......	traces.	»
Soufre.....	23,34	23,40
Gangue et perte.	2,73	2,13
	100,85	100,00

Dans l'analyse ci-dessus du cuivre gris du val d'Angina, l'essai par voie sèche a donné 0,204 p. 0/0 ou 204 grammes d'argent aux 100 kil. et 0,0066 p. 0/0 ou 6$^{gr.}$,6 d'or aux 100 kil.

La dureté de ce cuivre gris est de 3 1/2, et sa densité de 4,84.

---

31. *Analyse des* CUIVRES SULFURÉS *de Bygland et*

de Stromsheien (Norwège); par M. Th. Scheerer. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 290.)

Le cuivre sulfuré de Bygland est compacte, sa densité est de 5,795; celui de Strömsheien est lamelleux et sa densité est de 5,521.

L'analyse a donné :

	Stromsheien.	Bygland.
Cuivre. . .	79,12	77,76
Fer. . . .	0,28	0,91
Soufre. . .	20,36	20,43
	99,76	99,10

---

32. *Analyse du* DIOPSIDE BLANC *d'Achmatowsk*; par M. Hermann. (Journ. für Prackt. Chem., t. XXXVII, p. 190.)

Ce minéral est en beaux cristaux très-fortement translucides et même quelquefois transparents, incolores ou ayant une faible teinte verdâtre, leur pes. spécif. = 3,28; leur dureté est comprise entre celle de l'apatite et celle du feldspath. Ces cristaux appartiennent à un prisme rhomboïdal oblique dans lequel M sur M = 87° 4'. Ils se rapportent évidemment au pyroxène. L'analyse a donné :

Silice	53,97
Chaux.	25,60
Magnésie.	17,86
Oxyde ferreux . . .	2,00
Oxyde manganeux. .	0,57
	100,00

Ce qui conduit à la formule



$$\dot{Ca}\,\ddot{Si} + \dot{Mg}\,\ddot{Si}.$$

---

33. *Sur la* DIPHANITE; par M. Nordenskiœld. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXIX, p. 114.)

Ce nouveau minéral, auquel M. Nordenskiœld a donné le nom de *diphanite*, parce qu'il est dichroïte, vient des mines d'émeraude de l'Oural. Il cristallise en prismes à six faces réguliers présentant un clivage très-net parallèle à la base. Vue normalement à l'axe, la diphanite est bleuâtre, transparente et a un éclat vitreux; dans le sens de cet axe, au contraire, elle paraît blanche, opaque, et présente un éclat nacré. Sa dureté est de 5 à 5 1/2, sa densité = 3,04 à 3,07.

Elle se fonce au chalumeau, dans le matras, en laissant dégager de l'eau sans action sur le papier de curcuma. Chauffée seule elle devient opaque, se divise en feuillets et fond en émail blanc. Elle ne donne pas de flamme rouge avec le sulfate acide de potasse. Avec le borax, elle donne une perle incolore, un peu jaunâtre. Avec le sel de phosphore, on obtient un squelette de silice.

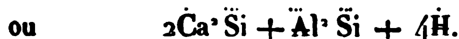
L'analyse faite par M. de Jewreinhoff a donné :

			Oxygène.	Rapp. at.
Silice.	34,02		17,66	15
Alumine.	43,33		20,23	18
Chaux.	13,11	3,66		
Oxyde ferreux. . . .	3,02	0,68	4,57	4
Oxyde manganeux.	1,05	0,23		
Eau.	5,34		4,73	4
	99,87			

Ce qui conduit à la formule :



$$2Ca^2Si^3 + 9Al^2Si + 4Aq,$$



ou $$2\dot{Ca}^2\dddot{Si} + \dddot{Al}^2\dddot{Si} + 4\dot{H}.$$

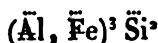
---

34. *Analyse d'un* DISTHÈNE *de Greiner* (Tyrol); par M. J. Jacobson. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 416.)

La densité de ce disthène est de 3,678.
L'analyse a donné :

			Oxygène.	Rap. atom.
Silice.	37,30		19,377	2
Alumine . . .	62,60	29,238	29,546	3
Oxyde de fer.	1,08	0,308		
	100,98			

ce qui conduit à la formule



$$(\overset{...}{Al}, \overset{...}{Fe})^3 \overset{...}{Si}^2$$

laquelle s'accorde avec celle admise par Rosales, pour représenter le disthène du Saint-Gothard.

---

35. *Analyse d'une* DOLOMIE *de Norwège*; par M. Th. Scheerer. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 284.)

Cette dolomie, qui se trouve en bancs ou plutôt en zones dans le schiste talqueux et micacé, dans le Guldbrandsdalen, est blanche et grenue. Elle a donné à l'analyse :

Carbonate de chaux.	55,88
Carbonate de magnésie	40,47
Carbonate de protoxyde de fer . .	2,81
	99,16

---

36. *Analyses de* DOLOMIES; par M. O.-B. Kühn.

(Ann. der Chem. und Pharm., t. LIX, p. 363.)

	De Tharand.	De Dohrnburg (Tyrol).	De Schneeberg.
	(1)	(2)	(3)
Carbonate de chaux.	54,76	54,50	52,64
— de magnésie. . . .	42,10	44,48	35,80
— de fer.	4,19	3,73	12,41
— de manganèse . .	»	»	0,34
	101,05	102,71	101,19

	De Kolosoruck, près Bilin.	De Bohême.	
	(4)	(5)	(6)
Carbonate de chaux.	85,84	61,30	77,63
— de magnésie . . .	10,39	32,20	18,77
— de fer.	5,53	6,27	3,67
	101,76	99,77	100,07

Ce qui, en regardant l'oxyde ferreux et la magnésie comme se remplaçant, conduit,

pour (1), (2) et (3), à la formule $\dot{Ca}\ddot{C} + \dot{Mg}\ddot{C}$
— (5) — $3\dot{Ca}\ddot{C} + 2\dot{Mg}\ddot{C}$
— (6) — $3\dot{Ca}\ddot{C} + \dot{Mg}\ddot{C}$
— (4) — $5\dot{Ca}\ddot{C} + \dot{Mg}\ddot{C}$

---

37. *Analyse d'une* ÉPIDOTE *du canton de Berne*; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 509.)

Cette épidote vient de Rothlaue, sur la rive droite de l'Aar, dans le canton de Berne. Cette variété est transparente, cristallisée et d'un beau gris-

brun foncé; elle a été décrite dans le *Journal de Leonhard*, 1838, p. 160.

Sa densité = 3,387.

L'analyse a donné :

			Oxygène.
Silice.	44,56		23,15
Alumine. . . .	23,72	11,07 }	13,57
Oxyde ferrique.	8,33	2,50 }	
Chaux.	24,71		7,02
	101,32		

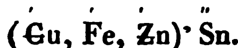
38. *Analyse de l'*ÉTAIN SULFURÉ *de Zinnwald;* par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 518.)

Ce minéral a une densité de 4,506.

L'analyse a donné :

Soufre. . .	29,89
Étain. . . .	28,94
Cuivre. . .	26,31
Fer.	6,80
Zinc. . . .	6,93
Plomb. . .	0,41
	99,28

Ce qui conduit à la formule ordinaire :



$(\acute{Cu}, \acute{Fe}, \acute{Zn})^2 \ddot{Sn}$.

39. *Analyse de quelques* FELDSPATHS *de Freiberg*; par M. C. Kersten. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVII, p. 172.)

Ces divers feldspaths se trouvent dans le gneiss :

Le premier est blanc, translucide, et a une densité de 2,510 à 2,554; c'est évidemment de l'orthoklas, comme l'indique l'analyse suivante :

Silice.	65,52
Alumine.	17,61
Oxyde de fer.	0,80
Chaux.	0,94
Potasse.	12,98
Soude.	1,70
Magnésie et oxyde de manganèse.	traces.
	99,55

Le second est d'un vert-jaunâtre sale, tirant sur l'olive ; sa densité = 2,634 à 2,653. C'est un oligoklas, comme l'indique l'analyse suivante :

Silice.	62,97
Alumine.	23,48
Oxyde de fer.	0,51
Chaux.	2,83
Soude.	7,24
Potasse.	2,42
Magnésie.	0,24
Oxyde de manganèse.	traces.
	99,69

qui conduit à la formule $\dot{R}\dddot{Si} + \dddot{R}\dddot{Si}^{2}$.

Le troisième est ordinairement accompagné de chlorite au lieu de mica ; sa densité = 2,530 ; c'est de la périkline, ou une variété de l'albite, comme le montre l'analyse suivante :

Silice.	67,92
Alumine.	18,50
Oxyde de fer.	0,50
Chaux.	0,85
Magnésie.	0,42
Soude.	8,01
Potasse.	2,55
Oxyde de manganèse	traces.
	97,75

qui conduit à la formule $\dot{R}\dddot{Si} + \dddot{R}\dddot{Si}$.

40. *Sur un* FELDSPATH *de Marienberg* ; par M. Breithaupt. (Ann. de Pogg., t. LXVII, p. 421.)

Ce feldspath est d'un blanc-rougeâtre qui va jusqu'au rouge de chair; on le trouve au Martersberg et au Wilsberg, près de Marienberg, en Saxe, dans les filons d'étain qui traversent le gneiss, et accompagné de quarz qui paraît plus ancien et d'étain oxydé qui semble de formation plus récente. Sa forme dominante l'a longtemps fait prendre pour du fer spathique. Ses cristaux sont translucides et offrent un clivage rectangulaire. Sa dureté est de 7 3/4 et sa densité, trouvée en cinq essais entre 2,441 et 2,445, est notablement inférieure à celle du feldspath ordinaire, qui serait, en moyenne, d'après M. Breithaupt, de 2,536. Néanmoins sa composition rentre dans celle de ce feldspath, comme l'indique l'analyse suivante due à M. Krœner :

Silice	66,43
Alumine	17,03
Oxyde de fer	0,49
Potasse	13,96
Soude	0,91
Chaux	1,03
Magnésie et oxyde manganeux	traces.
	99,85

41. *Analyse de la* GEHLENITE; par M. O.-B. Kühn. (Ann. der Chem. u. Pharm., t. LIX, p. 371.)

Deux analyses ont donné :

	(I)	(II)
Silice.	30,47	29,52
Alumine	17,79	19,00
Oxyde ferrique.	7,30	»
Oxyde ferreux.	»	7,25
Chaux	36,97	36,55
Magnésie. . . .	2,99	1,41
Eau.	3,62	5,55
	99,14	99,28

La première analyse conduit à la formule



$$Ce^{8}\,Al^{6}\,Si^{10}+2Aq,\ \text{ou}\ 4\dot{C}a^{2}\,\ddot{S}i+\ddot{A}l^{2}\,\ddot{S}i+2\dot{H}.$$

La seconde analyse à

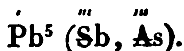


$$Ca^{8}\,Al^{6}\,Si^{10}+3Aq,\ \text{ou}\ 4\ddot{C}a^{2}\,\ddot{S}i+\ddot{A}l^{2}\,\ddot{S}i+3\dot{H}.$$

---

42. *Sur la cristallisation de la* GÉOKRONITE *du val di Castello* (Toscane); par M. Th. Kerndt. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 302.)

L'analyse de la géokronite du val di Castello, en Toscane, a déjà été donnée *Ann. des Mines*, 4ᵉ série, t. VIII, p. 663. Cette analyse peut être représentée par la formule :



$$\dot{P}b^{5}\,(\dddot{S}b,\ \dddot{A}s).$$

Ce minéral a, dans sa cassure fraîche, une couleur d'un gris de plomb tirant sur le gris de fer; sa poussière est d'un gris de plomb foncé; sans éclat métallique; sa densité = 6,46.

Lorsqu'on le chauffe dans un tube ouvert par les deux bouts, il se grille avec dégagement d'acide sulfureux et d'oxyde d'antimoine blanc. Dans le matras il donne un léger sublimé rouge; il fond et se boursouffle sur le charbon en s'entourant d'une auréole blanche. Fondu sur le charbon avec

un mélange de cyanure de potassium et de soude il donne des vapeurs d'arsenic. Enfin, fondu au chalumeau, après grillage, avec de la soude, du borax et un peu de plomb, il donne un bouton de plomb qui, traité par l'acide borique, donne la coloration bleue du cuivre.

La géokronite cristallise en prisme rhomboïdal droit sous l'angle de 119°, 44'. Ses cristaux sont représentés *Pl. XVI, fig.* 29 :

g, *g*, sont les faces du prisme primitif, qui porte, parallèlement à la grande diagonale de la base, une modification *a*, et est surmonté d'un octaèdre à base rhombe *c*, pour lequel on a

$$a : b : c = 1 : 0{,}269197 : 0{,}468949.$$

La mesure des angles a donné :

		Mesuré.	Calculé.
g sur	*g*	119°,44'	»
a	*g*	149 ,52	»
c	*c*	122 ,00	»
c	*a*	147 ,40	147°,37',30".

La géokronite présente un clivage facile parallèle à la face *a*, et un clivage peu distinct parallèlement aux faces de l'octaèdre à base rhombe *c*.

---

43. Graphite *pseudomorphe de la pyrite*; par M. Haidinger. (Ann. de Pogg., t. LXVII, p. 437.)

Plusieurs pierres météoriques d'Arva présentent à leur surface de petits cristaux de pyrite et de graphite. Ces derniers sont pseudomorphes de la pyrite et sont une combinaison du cube et du dodécaèdre rhomboïdal 1/2F2 sous l'angle de 126° 52' 12".

---

44. *Examen de cristaux de* SERPENTINE *pseudomorphes du* GRENAT ; par M. C. Kersten. (J. f. Prackt. chem., t. XXXVII, p. 167.)

Ces cristaux viennent de Schwarzenberg. En les pulvérisant finement on en sépare, au barreau aimanté, 17,50 p. o/o de fer oxydulé. Le résidu non attirable au barreau aimanté a donné à l'analyse :

Silice	41,50
Magnésie..	40,34
Oxyde ferreux . . .	4,10
Oxyde manganeux. .	0,50
Soude.	0,42
Eau.	12,87
Chaux et bitume . .	traces.
	99,73

45. *Sur la* GUANITE ; par M. Teschemacher. (Phil. Magaz., 3ᵉ série, t. XXVIII, p. 546.)

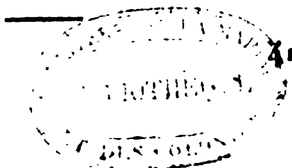
Ce minéral est en cristaux très-nets et brillants dérivant d'un prisme rhomboïdal droit, et a été trouvé dans les gisements de guano de la côte d'Afrique. Sa densité = 1,65 et sa dureté = 2. L'analyse a donné :

Ammoniaque.	14,3
Magnésie	17,0
Acide phosphorique.	30,4
Eau.	38,1
	99,8

Ce qui conduit à la formule :



$$AzH^3, MgO, PO^5 + 5Aq.$$



46. *Analyse de l'*HERCYNITE ; par M. Bernh. Quadrat. (Ann. der Chem. u. Pharm., t. LV, p. 357.)

Ce minéral a été découvert et décrit en 1839 par M. Zippe. Il provient des environs de Natschetin et Hoslau, dans le cercle de Klattau (Bohême), et y est employé en place d'émeri pour la taille du verre. Il se trouve en cailloux roulés présentant quelquefois des traces de faces qui paraissent appartenir à l'octaèdre. Sa cassure est conchoïde, d'un éclat vitreux. Il est noir en morceaux et sa poussière est d'un vert-gris foncé; sa dureté varie de 7,5 à 8,0; sa densité = 3,91 — 3,95. Il est infusible au chalumeau.

La moyenne de deux analyses faites en attaquant le minéral par le bisulfate de potasse au creuset de platine, est :

Alumine.	61,32
Oxyde ferreux. .	35,52
Magnésie	2,92
	99,76

composition qui conduit à la formule



$\ddot{Al}\dot{Fe}$, ou Al F,

qui représente un aluminate de fer dans lequel l'oxyde ferreux est en partie remplacé par de la magnésie.

---

47. *Analyse du* JADE ORIENTAL; par M. Damour. (Ann. de Ch., t. XVI, p. 469.)

L'échantillon analysé avait été taillé dans l'Inde et présentait la forme d'une boucle ovale de

3 cent. de hauteur sur 2 de largeur. Il est d'un blanc laiteux demi-transparent, à cassure esquilleuse, il rougit le verre mais faiblement, sa densité est de 2,97, il est très-tenace, il fond au chalumeau, l'acide chlorhydrique ne l'attaque pas. Deux analyses ont donné en moyenne :

Silice.	58,24
Chaux	11,94
Magnésie. . . .	27,14
Oxyde ferreux.	1,14
	98,46

Composition qui se rapproche beaucoup de celle de la trémolite. Le jade oriental doit donc être considéré comme de l'amphibole compacte.

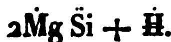
---

48. *Analyse de la* KÉROLITHE *de Silésie*; par M. O.-B. Kühn (Ann. der Chem. und Pharm., t. LIX, p. 368.)

Quatre analyses ont donné :

	(I)	(II)	(III)	(IV)
Silice. . . .	47,34	49,70	47,50	46,96
Magnésie. .	29,84	30,16	30,60	31,26
Eau.	21,04	19,09	20,00	21,22
	98,22	98,95	98,10	99,44

ce qui conduit à la formule



$$2\dot{Mg}\,\ddot{Si} + \dot{\bar{H}}.$$

---

49. *Analyse du* KUPFERBLENDE; par M. C. Plattner. (Ann. de Pogg., t. LXVII, p. 422.)

Ce minéral vient de la mine du Prophète-Jonas, près Freiberg; l'analyse a donné :

		Rapp.-atom.
Soufre.	28,111	139
Arsenic	18,875	40
Cuivre.	41,070	104
Zinc.	8,894	29
Fer	2,219	
Plomb.	0,341	
Antimoine et argent. .	traces.	
	99,510	

Ce qui, en regardant Cu^2S comme isomorphe avec ZnS et FeS, conduit à la formule



$$(Cu, Zn, Fe)^4 As$$

qui est celle de la tennantite dans laquelle Cu^2S serait en partie remplacé par ZnS.

5o. *Analyse du* KUPFERPECHERZ *de Turinsk* (Oural); par M. de Kobell. (J. f. Prack. Chem., t. XXXIX, p. 208.)

Ce minéral est mamelonné de couleur brune et à raclure jaune d'ocre; son analyse a donné :

		Oxygène.
Silice	9,66	5,01
Oxyde cuivrique. .	13,00	2,62
Oxyde ferrique. . .	59,00	18,08
Eau.	18,00	16,00
	99,66	

C'est évidemment un mélange d'hydrate de fer et d'hydrosilicate de cuivre



$$Cu^3Si^2 + 6H, \text{ ou } CuSi^2 + 2Aq.$$

---

51. *Analyse de la* XYROSITE; par M. Scheidhauer. (Ann. de Pogg., t. LXIV, p. 282.)

Ce minéral diffère extérieurement de la pyrite de fer, mais il s'en rapproche par sa composition. M. Breithaupt en a donné la description, *Ann. de Pogg.*, t. LVIII, p. 282.

Moyenne de quatre analyses :

Soufre. . .	52,63
Fer	45,63
Cuivre. . .	1,69
Arsenic . .	0,93
	100,88

La formule la plus probable paraît être :



$$32\ FeS^2 + CuS.$$

---

52. *Sur le* LOXOCLAS; par M. A. Breithaupt. (Ann. de Pogg., t. LXVII, p. 419.)

Le loxoclas est un minéral de la famille des feldspaths, qui vient de Hammond, dans l'État de New-York. Il est translucide, d'un gris-jaunâtre, quelquefois bleuâtre. Sa dureté est de 7 1/2 à 7 3/4 et sa densité de 2,609 à 2,620. Il cristallise en prisme rhomboïdal oblique, dont les angles sont :

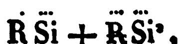
P sur M	= 90°	T sur l	= 120°,20′
P sur T	= 112°,30′	M sur T	= 120°,15′
P sur l	= 112°,50′	M sur l	= 119°,25′

P et M sont les faces dominantes des cristaux.

Voici les résultats de l'analyse du loxoclas, par M. Plattner, faite (I) par l'acide hydrofluorique et (II) par le carbonate de soude :

	I.	II.	Moyenne.
Silice	»	63,50	63,50
Alumine.	20,48	20,10	20,29
Oxyde ferrique.	0,65	0,70	0,67
Potasse	3,03	»	3,03
Soude.	8,76	»	8,76
Chaux.	3,40	3,04	3,22
Magnésie.	traces.	traces.	traces.
Eau et fluorure de silicium.	»	1,23	1,23
			100,70

ce qui conduit à la formule



$$\dot{R}\ddot{S}i + \dddot{R}\ddot{S}i^{2},$$

qui est celle de l'oligoklas. Mais il est à remarquer que l'oligoklas cristallise dans le système du prisme oblique non symétrique; ce serait donc là un exemple remarquable de dimorphisme.

---

53. *Analyse de la* MAGNÉSITE *d'Arendal* (Norwège); par MM. C. Münster et Tönsager. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 292.)

Ce minéral, qui englobe les cristaux de serpentine, avait été pris jusqu'ici pour de la dolomie. Sa densité a été trouvée de 3,065. L'analyse a donné :

	I.	II.
Acide carbonique.	52,57	52,66
Magnésie.	46,43	46,22
Protoxyde de fer.	0,87	1,12
	99,87	100,00

Dans la première analyse, due à M. Münster, l'acide carbonique a été dosé en calcinant, jusqu'à fusion du mélange, le minéral avec du borax préa-

lablement fondu; dans la deuxième analyse, due à M. Tönsager, il a été dosé par différence.

Jusqu'ici ce minéral ne s'était rencontré en quelque abondance qu'à Ultenthal (Tyrol) et à Vermont (États-Unis).

---

54. *Analyse du* MANGANÈSE CARBONATÉ *de la mine de Alte-Hoffnung, près Voigtsberg;* par M. C. Kersten. (J. f. Prack. Chem., t. XXXVII, p. 163.)

Ce minéral, en cristaux rosés, a une densité de 3,553. Au chalumeau il se délite dans le matras en donnant un peu d'eau et devient brun. Dans le tube ouvert il passe également au brun, et sur le charbon il devient un peu magnétique. Il est soluble avec effervescence, et sans résidu aucun, dans l'acide chlorhydrique. L'analyse a donné :

Carbonate de manganèse.	81,42
— de chaux.. . .	10,31
— de magnésie. .	4,28
— de fer.	3,10
Eau.	0,33
	99,44

---

55. *Sur la* MANGANO-CALCITE; par M. A. Breithaupt. (Ann. de Pogg., t. LXIX, p. 429.)

Ce carbonate, qui se trouve dans les filons de Schemnitz, a un éclat vitreux, une couleur variant du rouge de chair au blanc-rougeâtre foncé; sa poussière est incolore; il est translucide. Sa dureté est comprise entre 5 1/4 et 6; sa densité = 3,037. On le trouve en masses globuliformes présentant

une structure intérieure aciculaire ou radiée et les clivages de l'arragonite. Il appartient évidemment à cette dernière série.

---

56. *Analyse de la* MANGANO-CALCITE; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 511.)

Ce minéral est fibreux, rouge de chair, et vient de Schemnitz. L'analyse a donné :

Carbonate	de manganèse.	67,48
—	de chaux. . . .	18,81
—	de magnésie. .	9,97
—	de fer.	3,22
		99,48

---

57. *Analyse de la* MARTINSITE; par M. Karsten. (J. f. Prack. Chem., t. XXXVI, p. 127.)

Ce minéral, trouvé dans le terrain salifère de Stassfurth, se compose de 90,98 de sel marin et de 9,02 de sulfate de magnésie anhydre.

---

58. *Analyse de la* MÉTAXITE; par M. O.-B. Kühn. (Ann. der Chem. u. Pharm., t. LIX, p. 369.)

Quatre analyses ont donné :

	I.	II.	III.	IV.
Silice.	42,39	41,10	43,48	44,48
Magnésie. . . .	41,65	42,02	41,00	40,60
Oxyde ferreux.	4,16	3,71	2,20	2,34
Eau.	12,75	13,77	12,95	12,35
	99,95	100,60	99,63	99,77

Ce qui conduit à la formule $(Mg, F)^3 Si^4 + 2Aq$,

ou $2Mg\dddot{Si} + \dot{Mg} + 2Aq$.

59. *Analyse du* MICA *à un axe du Bodennais*; par M. de Kobell. (Journ. f. Prackt. Chem., t. XXXVI, p. 311.)

Ce mica est noir en masse, et vert-bouteille en lames minces; sa densité = 2,70.

L'analyse a donné :

Silice.	40,86
Alumine.	15,13
Oxyde fer.	13,00
Magnésie.	22,00
Potasse.	8,83
Eau.	0,44
Oxyde de manganèse.	traces.
	100,26

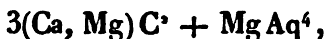
Ce qui conduit à la formule $\dot{R}^3 \dddot{Si} + \dddot{R} \dddot{Si}$.

60. *Analyse d'un* MINÉRAL STALACTIFORME *du Vésuve;* par M. de Kobell. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVI, p. 304.)

L'analyse de ce minéral a donné :

		Oxygène.
Acide carbonique.	33,10	23,27
Chaux.	25,22	7,06
Magnésie.	24,28	9,39
Eau.	17,40	15,46
	100,00	

Ce qui conduit à une formule



$$3(Ca, Mg)C^2 + Mg Aq^4,$$

qui n'est autre que celle de la magnésie blanche (hydrocarbonate de magnésie), dans laquelle une

partie du carbonate de magnésie est remplacée par du carbonate de chaux.

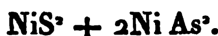
---

61. *Analyse du* NICKEL GRIS *d'OElsnitz;* par M. Wackenroder. (Archiv der Pharm., t. XCVII, p. 288.)

Ce minéral a été trouvé dans le grès vert en mélange presque intime avec du calcaire spathique. Sa couleur est d'un gris de plomb. L'analyse a donné :

Nickel.	20,937
Arsenic.	35,258
Soufre.	8,903
Plomb.	0,289
Oxyde ferreux.	8,260
Oxyde manganeux.	1,023
Chaux.	12,578
	87,248
Acide carbonique (calculé).	15,567
	102,805

ce qui, abstraction faite de la gangue, conduit à la formule :



$$NiS^2 + 2Ni\,As^2.$$

---

62. *Sur le bi-arséniure de* NICKEL; par M. A. Breithaupt. (Ann. de Pogg., t. LXIV, p. 184.)

D'après M. Breithaupt le nickel arsenical blanc ou bi-arséniure de nickel serait un corps dimorphe : il a donné à l'une de ses formes le nom de *weissnickelkies*, et à l'autre celui de *chloantit*.

Le *weissnickelkies* possède, dans les cassures fraîches, une couleur blanc d'étain avec un léger

reflet rougeâtre. Il cristallise en petits prismes rhomboïdaux droits sous l'angle de 123 à 124°, surmontés d'un biseau et présentant un clivage prismatique. Il est très-légèrement ductile et sa dureté varie de 6 1/2 à 7 1/2. Sa densité a été trouvée de 7,099 pour des échantillons de Riechelsdorf, et de 7,129 à 7,188 pour des échantillons de Schneeberg.

L'analyse d'un échantillon de Schneeberg, faite par M. Hoffmann, a donné :

Nickel. . .	28,14
Bismuth. .	2,19
Cuivre. . .	0,50
Arsenic. . .	71,30
Soufre. . .	0,14
	102,27

La *chloantit* est d'un blanc d'étain avec un léger reflet verdâtre. Elle cristallise dans le système régulier et possède un clivage cubique; elle est aigre et cassante; sa dureté est de 6 1/2 à 7. Pour des échantillons de Schneeberg, Scheibenberg, Annaberg, en Saxe, de Sparnberg, dans le Voigtland prussien, et de Riechelsdorf, dans la Hesse, on a trouvé respectivement des densités de 6,123; 6,445; 6,537; 6,555 et 6,565.

L'analyse d'un échantillon de Riechelsdorf, faite par M. Booth, a donné :

Nickel. . .	20,74
Cobalt. . .	3,37
Fer. . . .	3,25
Arsenic. . .	72,64
	100,00

---

63. *Sur la cristallisation de l'*OKÉNITE *ou* DYSKLA-

SITE; par M. Breithaupt. (Ann. de Pogg., t. LXIV, p. 170.)

L'examen de quelques aiguilles d'okénite d'un éclat très-vif et transparentes, isolées d'un échantillon de la collection impériale de Vienne, a montré que c'étaient des prismes à six faces dont les angles ont pu être mesurés au goniomètre à réflexion. Ces mesures indiquent que ces prismes hexaèdres appartiennent à un prisme rhomboïdal oblique sous l'angle de 122° 19', portant deux modifications parallèles à la diagonale la plus courte de la base, et faisant par conséquent un angle de 118° 50' 1/2 avec les faces latérales du prisme rhomboïdal.

---

64. *Analyse de l'*ŒSCHYNITE; par M. Hermann. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVIII, p. 116.)

M. Hermann a reconnu que l'analyse qu'il avait faite précédemment (voir *Ann. des Mines*, 4ᵉ série, t. VIII, p. 939) était erronée, en ce sens que ce qu'il avait pris pour de l'acide tantalique était de l'acide niobique.

Il en a recommencé l'analyse sur un mélange de cristaux de diverses mines, dont la densité en poudre était de 4,95, et il a trouvé :

Acide niobique.	35,05
Acide titanique.	10,56
Zircone (peut-être Norine). .	17,58
Oxyde ferreux.	4,32
Yttria.	4,62
Oxyde de lanthane.	11,13
Protoxyde de cérium	15,59
Chaux et fluor.	traces.
Eau.	1,66
	100,51

---

65. *Sur la* PHÉNAKITE *de l'Ilmengebirge*; par M. G. Rose. (Ann. de Pogg., t. LXIX, p. 143.)

Jusqu'ici on n'a trouvé la phénakite que dans trois localités : à Takowaja, à 85 werstes ouest de Katherinenbourg (voyez *Ann. de Pogg.* pour 1833, t. XXXI, p. 57), à Framont (voyez *Ann. de Pogg.* de 1835, t. XXXIV, p. 519, et de 1837, t. XLI, p. 323), enfin dans l'Ilmengebirge. A Takowaja la phénakite se rencontre associée à de gros cristaux d'émeraude et de cymophane dans le schiste micacé; à Framont, dans la mine de fer jaune; dans l'Ilmengebirge, enfin, elle se trouve accompagnée de cristaux de feldspath vert et de topaze blanche dans des filons de granite.

Les cristaux de Takowaja sont très-simples, et leur forme dominante est celle d'un prisme à six faces surmonté d'un pointement rhomboédrique. Suivant Nordenskiöld l'angle du rhomboèdre primitif est de 115° 25'.

Les cristaux de Framont sont beaucoup plus riches en facettes. Ils présentent, d'après Beyrich, en outre des formes ci-dessus, les formes suivantes :

Dodécaèdre hexagonal. .	p	$= (3a : 3/2\,a : 3a : c)$
Rhomboèdres divers. .	s	$= (a : 1/3\,a : 1/2\,a : c)$
	t	$= (2a : 1/2\,a : 2/3\,a : c)$
	x	$= (2a : 2/3\,a : a : c)$
	z	$= (a : 1/4\,a : 1/3\,a : c)$
Prisme à six faces. . . .	l	$= (a : 1/5\,a : 1/4\,a : \infty c)$.

Les faces du prisme à 6 faces *g* sont beaucoup moins développées dans les cristaux de Framont que dans ceux de Takowaja, tandis que celles du prisme *a* (*fig.* 30, *Pl. XVI*) le sont beaucoup plus. Les faces du rhomboèdre primitif R y sont presque

toujours modifiées par celles du dodécaèdre hexagonal *p* placé sur les faces *a*. Les faces *s*, *x*, *l*, sont peu développées, ainsi que *t* et *z* qui se présentent très-rarement.

Les cristaux de Framont sont très-souvent maclés; dans ce cas les cristaux ont même axe vertical, mais ils ont tourné de 60 ou 120° l'un par rapport à l'autre. Il en résulte des cristaux composés avec des gouttières et qui, tantôt sont symétriques (*fig.* 31 et 32), tantôt sont dissymétriques (*fig.* 34 et 35). Quelques-uns de ces cristaux ne présentent pas de macles (*fig.* 33) et se composent d'un prisme à six faces terminé à une extrémité par le rhomboèdre primitif et à l'autre par le dodécaèdre hexagonal. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que ces derniers cristaux ne sont point pyroélectriques.

Les cristaux de l'Ilmengebirge sont très-petits, incolores, transparents, et ont un éclat vitreux prononcé. Ils présentent néanmoins un grand nombre de facettes (*fig.* 36 à 38), mais ne sont jamais maclés. Ces facettes sont celles du rhomboèdre primitif R, de quatre rhomboèdres *r'*, 1/2 *r'*, *s* et *x*, du dodécaèdre hexagonal *p* et des deux prismes à six faces *a* et *g*.

---

66. *Sur les divers* PHOSPHATES *de cuivre; par* M. Hermann. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVII, p. 175.)

1° *Libéthénite.*

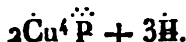
Ce minéral se distingue par sa couleur vert-olive et sa cristallisation qui appartient au prisme rhomboïdal droit; les éléments de ses cristaux sont :

$u = (a : b : \infty c) = 95°,2'$
$a = (\infty a : b : c) = 111°,58'$

Sa densité $= 3,6$ à $3,8$; l'analyse a donné :

Acide phosphorique.	28,61
Oxyde cuivrique. . .	65,89
Eau.	5,50
	100,00

Ce qui conduit à la formule



$$2\dot{Cu}^4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 3\dot{H}.$$

Les analyses de MM. Berthier et de Kühn, de la libéthénite de Libethen, avaient conduit aux formules



$$\dot{Cu}^4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 2\dot{H} \text{ et } \dot{Cu}^4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + \dot{H}.$$

2° *Dihydrite.*

Ce minéral, qui vient de Tagilsk, est ordinairement cristallisé en prisme rhomboïdal oblique. Ces cristaux sont déterminés par les formes :

$f = (2\,a : b : \infty c) = 38°,50'$
$a = (\infty a : \infty b : c) = 90°$ sur l'axe.
$P = (a : b : c) = 117°,49'$

Ces cristaux ont un éclat vitreux très-vif et une couleur d'un vert d'émeraude foncé. Leur dureté est intermédiaire entre celle de la chaux fluatée et de l'apatite. Leur densité $= 4,40$.

L'analyse a donné :

Acide phosphorique.	25,304
Oxyde cuivrique. . .	68,211
Eau.	6,485
	100,000

Ce qui conduit à la formule



$$5CuP + 2Aq, \text{ ou } \dot{Cu}^5\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 2\dot{H}.$$

C'est à très-peu près la même composition que le phosphate de cuivre de Rheinbreitenbach, qui, analysé par *Arfwedson*, a donné :

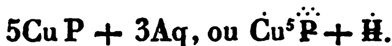
Acide phosphorique.	24,70
Oxyde cuivrique. . .	68,20
Eau.	5,97
	98,87

3° *Ehlite.*

Ce minéral, découvert d'abord à Ehl, près Rheinbreitenbach, se rencontre également à Tagilsk en masses concrétionnées à structure concentrique et rayonnée, et à cassure esquilleuse. Il est d'un beau vert. Sa dureté est celle de la chaux fluatée. Sa densité = 3,80. Au chalumeau, dans le matras, il donne de l'eau et s'éparpille en poussière avec une grande vivacité. L'analyse de l'ehlite de Tagilsk a donné :

Acide phosphorique.	23,14
Oxyde cuivrique. . .	66,86
Eau.	10,00
	100,00

Ce qui conduit à la formule



$$5Cu\,P + 3Aq, \text{ ou } \dot{C}u^5 \dddot{P} + \dot{H}.$$

4° *Phosphoro-calcite.*

C'est le plus abondant des phosphates de cuivre. Il est compacte ou mamelonné à cassure esquilleuse. Sa raclure et sa poussière offrent la couleur de la malachite. Sa densité = 4,0 à 4,4; sa dureté est comprise entre celles du spath-fluor et de l'apatite.

L'analyse a donné :

a) *Phosphoro-calcite de Tagilsk*, en masse

concrétionnée avec structure rayonnée. Pes. spéc. = 4,25.

Acide phosphorique.	23,75
Oxyde cuivrique. . .	68,75
Eau.	7,50
	100,00

b) *Phosphoro-calcite de Tagilsk*, en plaques à structure conchoïde et radiée. Pes. spéc. = 4,00.

Acide phosphorique.	23,47
Oxyde cuivrique. . .	67,73
Eau.	8,80
	100,00

c) *Phosphoro-calcite de Virneberg*, *près Rheinbreitenbach*, en nodules à structure intérieure radiée. Pes. spéc. = 4,40.

Acide phosphorique.	24,55
Oxyde cuivrique . .	67,25
Eau.	8,20
	100,00

Ces diverses analyses conduisent à la formule



$$2\mathrm{Cu}\,\mathrm{P} + \mathrm{Aq},\ \text{ou}\ 2\mathrm{Cu}^5\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}} + 5\dot{\mathrm{H}},$$

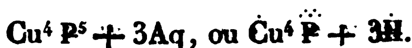
qui représente une combinaison atome à atome de dihydrite et d'ehlite.

5° *Tagilite.*

Ce minéral, qui vient de Tagilsk, a une grande ressemblance avec le phosphate de cuivre terreux; il se trouve sur du fer oxydé hydraté. Il a la dureté de la chaux carbonatée. Sa densité = 3,50 environ. L'analyse a donné :

Acide phosphorique.	26,44
Oxyde cuivrique. . .	61,29
Eau.	10,77
Oxyde ferrique . . .	1,50
	100,00

Ce qui conduit à la formule



$$Cu^4 P^5 + 3Aq, \text{ ou } \dot{C}u^4 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} + 3\dot{H}.$$

6° *Trombolithe.*

Ce minéral, qui vient de Libéthen, est compacte, à cassure conchoïde; son éclat est vitreux, il est opaque, assez cassant, d'un vert d'émeraude qui noircit un peu à l'air. Raie la chaux carbonatée et est rayé par la chaux fluatée. Pes. spécif. = 3,38 à 3,40.

L'analyse, faite par M. Plattner, a donné :

Acide phosphorique.	41,0
Oxyde cuivrique . .	39,2
Eau.	16,8
	100,0

Ce qui conduit à la formule



$$Cu^3 P^{10} + 6Aq, \text{ ou } \dot{C}u^3 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}^2 + 6\dot{H}.$$

---

67. *Analyse du* PLÉONASTE *d'Arendal* (Norwège); par M. Th. Scheerer. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 294.)

Le spinelle noir ou pléonaste se trouve dans la mine dite *Stul-grube*, près Arendal, sous la forme d'octaèdre avec modifications conduisant au dodécaèdre rhomboïdal, accompagné de pyroxène vert cristallisé, dans une gangue de chaux carbonatée. L'analyse a donné :

Alumine.	55,17
Silice.	5,09
Protoxyde de fer.	18,33
Magnésie.	17,65
Protoxyde de manganèse.	2,71
	98,95

---

68. *Sur le* PLINIAN ; par M. A. Breithaupt. (Ann. de Pogg., t. LXIX, p. 430.)

Ce minéral se rapproche par sa composition de la pyrite arsenicale. Son éclat est métallique et sa couleur blanc d'étain. Ses cristaux appartiennent au prisme rhomboïdal oblique ; ils sont représentés *Pl. XVI, fig.* 39 et 40 ; en voici les angles :

M sur *h*		134° 20′	»
o	*h*	115° 55′	»
o	*i*	»	117° 33′
o	M	103° 15′	»
P	*h*	»	146° 0′
P	M	»	51° 36′
h	*h*	»	119° 0′
i	*i*	»	118° 30′

Ces cristaux présentent, suivant les faces P et M, deux clivages nets qui se coupent sous un angle de 128° 24′. Leur dureté varie de 7 1/4 à 8. On a trouvé pour leur densité : cristaux du Saint-Gothard, 6,272—6,292 ; cristaux d'Ehrenfriedersdorf, 6,299—6,307 ; plinian en masse, d'Ehrenfriedersdorf, 6,467.

Ce minéral se comporte au chalumeau absolument comme le mispickel ; il a du reste la même composition, ainsi que le démontre l'analyse suivante, due à M. Plattner :

Fer. . . .	34,46	$FeS^2 + FeAs^2$.
Soufre. . .	20,07	
Arsenic. .	45,46	
	99,99	

C'est un nouvel exemple de dimorphisme.

69. *Analyse de la* PSILOMÉLANE *d'Heidelberg;* par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 512.)

L'analyse de ce minéral a donné :

Silice.	0,90
Potasse.	2,62
Baryte.	8,08
Chaux	0,60
Magnésie.	0,21
Oxyde de cobalt	0,54
Oxyde de cuivre.	0,30
Protoxyde de manganèse.	70,17
Oxygène.	15,16
Eau et perte.	1,42
	100,00

70. *Analyse de la* PYROPHYLLITE *de Spaa;* par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Poggendorff, t. LXVIII, p. 513.)

L'analyse a donné :

			Oxygène.
Silice	66,14		34,36
Alumine. . .	25,87		12,08
Magnésie . .	1,49	0,58	0,69
Chaux. . . .	0,39	0,11	
Eau	5,49		4,99
	99,48		

ce qui conduit à la formule



$$\dddot{Al}\,\dddot{Si}^3 + \dot{H},$$

ou mieux



$$\overset{...}{Al}^2\, \overset{...}{Si}^5 + 2\dot{H}.$$

71. *Analyse de la* RADIOLITHE *de Norwège*; par M. Th. Scheerer. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 278.)

L'analyse de la radiolithe de Norwège a donné :

Silice.	48,38
Alumine. . . .	26,42
Oxyde de fer. .	0,24
Chaux.	0,44
Soude.	13,87
Potasse.. . . .	1,54
Eau.	9,42
	100,31

Ce qui représente une mésotype à base de soude.

72. *Analyse de la* SCHÉELITE; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 514.)

L'échantillon analysé est jaune-rougeâtre et vient de Neudorf, près Harzgerode; sa densité = 6,03. L'analyse a donné :

Acide tungstique. .	78,64
Chaux.	21,56
	100,20

73. *Sur la* SMÉLITE; par M. Glocker. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXV, p. 39.)

Ce minéral se trouve en amas dans le terrain de porphyre de Telkébanya, en Hongrie. Il appar-

tient à la famille des stéatites. Sa cassure est conchoïde; sa dureté est comprise entre celles du gypse et du talc. Il offre une compacité et une ténacité suffisantes pour qu'on puisse le travailler sur le tour. Sa densité = 2,168; sa couleur est blanc-grisâtre; sa cassure fraîche est mate et prend un certain poli par le frottement. Il est complétement opaque; il happe un peu à la langue et est un peu onctueux au toucher. Lorsqu'on le plonge dans l'eau, il dégage de petites bulles d'air, se couvre de fissures, et finit par se délayer complétement lorsqu'on le presse avec les doigts. Il est infusible au chalumeau et à peine attaquable par l'acide chlorhydrique bouillant.

L'analyse de la smélite, faite par l'attaque au creuset de platine avec 3 parties de carbonate de soude, par M. Oswald, a donné (le dosage de la soude a eu lieu par une attaque séparée avec l'acide fluorhydrique) :

Silice	0,500
Alumine	0,320
Eau	0,130
Soude	0,021
Oxyde de fer	0,020
Chaux, magnésie et acide sulfurique	traces.
	0,991

---

74. *Sur la* STANNITE; par M. A. Breithaupt. (Ann. de Pogg., t. LXIX, p. 435.)

Ce minéral, qui vient du Cornwall, et qui est associé à du quarz blanc, de l'oxyde d'étain brun et de la pyrite, offre les caractères suivants :

Éclat gras passant même quelquefois à l'éclat adamantin; couleur jaune-isabelle pâle; translu-

cide seulement en esquilles très-minces. Ordinairement compacte, à cassure esquilleuse et légèrement conchoïde, il présente cependant quelquefois des traces de clivages obliques les uns par rapport aux autres; dureté = 8 3/4, densité = 3,533 à 3,558.

D'après un essai de M. Plattner, la stannite est infusible au chalumeau et se compose de 36 1/2 p. o/o d'oxyde de zinc, de silice et d'alumine. Nous n'en n'avons pas encore d'analyse complète.

---

75. *Analyses de diverses* STAUROTIDES; par M. J. Jacobson. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 414.)

I. *Staurotide d'Airolo, près du Saint-Gothard.*

Densité : en fragments 3,661, en poudre 3,73. L'analyse a donné :

	(a)		Oxygène.
Silice.	33,45		17,37
Alumine.	47,23	22,05	26,95
Oxyde ferrique. . .	16,51	4,90	
Magnésie.	1,99		
	99,18		

	(b)		Oxygène.
Silice.	32,99		17,13
Alumine.	47,92	22,37	27,42
Oxyde ferrique. . .	16,65	5,05	
Magnésie.	1,66		
	99,22		

Un troisième échantillon a donné 32,07 de silice.

II. *Staurotide de Bretagne.*

Densité : en fragments 3,527, en poudre 3,529.
L'analyse a donné :

	(c)		Oxygène.
Silice.	39,19		20,35
Alumine.	44,87	20,95	25,57
Oxyde ferrique.	15,09	4,62	
Magnésie.	0,32		
Oxyde rouge de manganèse.	0,17		
	99,64		

	(d)		Oxygène.
Silice.	40,35		20,90
Alumine.	44,22	20,97	25,80
Oxyde ferrique.	15,77	4,83	
Oxyde rouge de manganèse.	0,10		
	100,44		

III. *Staurotide de Polewskoï, dans l'Oural.*

Densité, en fragments 3,547, en poudre 3,588.
L'analyse a donné :

	(e)		Oxygène.
Silice.	38,68		20,09
Alumine.	47,43	22,15	26,76
Oxyde ferrique. . .	15,06	4,61	
Magnésie.	2,44		
	103,61		

	(f)		Oxygène.
Silice.	38,33		19,91
Alumine.	45,97	21,47	25,94
Oxyde ferrique. . .	14,60	4,47	
Magnésie.	2,47		
	101,37		

On voit par ces analyses que les staurotides contiennent des proportions variables d'alumine et de silice; elles offrent au contraire un accord re-

marquable pour l'oxyde de fer : $1/6\dddot{Al}$ est remplacé par $\dddot{Fe}$. La densité semble diminuer quand la proportion de silice augmente.

Ces analyses conduisent aux formules suivantes :

Pour la staurotide d'Airolo :



$$(\dddot{Al}, \dddot{Fe})^3\dddot{Si}^2;$$

pour les staurotides de Bretagne et de l'Oural :



$$(\dddot{Al}, \dddot{Fe})^3 \dddot{Si}^4.$$

Ces formules sont complétement différentes de celle de la staurotide du Saint-Gothard :



$$(\dddot{Al}, \dddot{Fe})^2 \dddot{Si}.$$

ce que l'identité de forme cristalline ne permet d'admettre qu'en supposant, avec M. de Kobell, que la silice, l'alumine et l'oxyde de fer peuvent se substituer réciproquement les uns aux autres.

---

76. *Analyse de la* STÉATITE (speckstein) *de la mine d'Alte Hoffnung Gottes, près Voigtsberg;* par M. C. Kersten. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVII, p. 164.)

Cette stéatite forme la gangue du manganèse carbonaté dont nous avons rapporté l'analyse plus haut, p. 641. Elle est blanche, tendre, à cassure terreuse, d'une densité = 2,795. Son analyse a donné :

Silice	66,02
Magnésie	31,94
Oxyde ferreux	0,81
Soude avec un peu de potasse	0,75
Perte au feu	0,20
Chlorure de sodium et sulfate de potasse	traces.
	99,72

C'est un silicate de magnésie anhydre.

77. *Analyse de la* STILBITE *de Christiania* (Norwège); par M. Münster. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 297.)

Cette stilbite est rayonnée, d'un jaune clair, et remplit des cavités drusiques dans la syénite zirconienne de Maridale, près Christiania. Sa densité est de 2,203. L'analyse a donné :

Silice.	101,53
Alumine.	15,73
Peroxyde de fer. . .	0,50
Chaux.	7,02
Magnésie et alcalis.	3,07
Eau.	17,05
	101,90

78. *Sur la* STRUVITE; par M. Ulex. (Philosoph. Magazine, 3e série, t. XXIX, p. 124.)

En creusant les fondations de l'église Saint-Nicolas, à Hambourg, on a trouvé de nombreux cristaux dont les plus gros ont jusqu'à un pouce de longueur, et auxquels on a donné le nom de struvite. Leur forme primitive est le prisme droit rhombique; quelques-uns sont transparents et d'un jaune léger, mais la plupart renferment une matière organique entreposée qui les rend noirâtres et opaques; plus durs que le talc, ils sont rayés par le gypse; ils sont très-peu solubles dans l'eau, et leur densité = 1,7. Chauffés jusqu'au rouge, ils abandonnent de l'eau, de l'ammoniaque, et deviennent phosphorescents; fondus au chalumeau, ils donnent un verre incolore qui, par le refroidissement, forme un émail blanc.

L'analyse de ces cristaux à conduit à la formule



$$Mg^2\dot{\ddot{P}} + AzH^3 + 13\dot{H};$$

c'est le même sel que l'on rencontre dans beaucoup de sécrétions animales et dans l'urine putréfiée.

Le terrain dans lequel on a trouvé ces cristaux consiste en une masse de tourbe formée par la putréfaction de débris organiques ou de fumiers provenant d'un vieux château incendié et détruit en 1072.

---

79. *Sur un nouveau gisement de* SULFATE DE MAGNÉSIE ; par M. Jules Bouis. (Instit., n° 634, p. 72.)

M. Jules Bouis a trouvé à Fitou (Aude) le sulfate de magnésie en filons de 0m,70 à 0m,08 de puissance coupant obliquemment des couches gypseuses. Il présente en masse une structure fibreuse. Sa composition est celle du sulfate de magnésie des laboratoires. Il contient 48,32 d'eau.

---

80. *Analyse de la* TENNANTITE *de Modum* (Norwége); par M. Fearnley. (Ann. de Pogg., t. LXV, p. 298.)

Ce minéral, trouvé dans les mines de cobalt de Modum, a une densité de 4,530. L'analyse a donné :

		Rap. atomiques.
Cuivre. . .	42,60	107
Fer	9,21	26
Soufre. . .	29,18	146
Arsenic . .	19,01	40
	100,00	

Si l'on admet que Cu^2S est isomorphe avec

FeS, on trouve que la formule de la tennantite de Modum est :



$$(Cu^2, Fe)^4 As^2 S^7 = (Cu^2S, FeS)^4, (As^2S^3).$$

---

81. *Analyse de la* THURINGITE ; par M. C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 515.)

Ce minéral, découvert près de Saalfeld, par M. Breithaupt, fait gelée avec les acides. Il renferme :

			Oxygène.
Silice.	22,41		11,64
Oxyde ferrique.	21,94		6,58
Oxyde ferreux.	42,60	9,47	9,92
Magnésie. . . .	1,16	0,45	
Eau.	11,89		10,57
	100,00		

ce qui conduit à la formule



$$3\dot{F}^3 \dddot{Si} + \dddot{F}e^2 \dddot{Si} + 12\dot{H}.$$

---

82. *Analyses du* WOLFRAM ; par MM. Kussin et C. Rammelsberg. (Ann. de Pogg., t. LXVIII, p. 517.)

	(1)	(2)	(3)	(4)
Acide tungstique.	75,89	75,92	75,90	75,56
Protoxyde de fer..	9,43	9,38	9,40	20,17
Protoxyde de manganèse.	13,80	14,04	13,86	3,54
	99,12	99,34	99,16	99,27

(1), (2) et (3), wolfram de Zinnwald, analysé par M. Kussin (1).

---

(1) Les résultats de cette analyse sont identiques à ceux obtenus de la même substance par M. Ebelmen. (Voir Annales des mines, 4e série, t. IV, p. 407.)

(4) wolfram de Harzgerode, analysé par M. C. Rammelsberg. Densité : 7,143.

---

83. *Examen minéralogique du* XANTHOKON; par M. A. Breithaupt (1). (Ann. de Pogg., t. LXIV, p. 272.)

Ce minéral est un arsénio-sulfure d'argent. Il a un éclat adamantin, une couleur jaune-orangé et une poussière de même couleur, mais plus foncée; il est transparent ou au moins fort translucide; il est très-fragile et un peu aigre; sa dureté = 2 1/4 à 3 1/4; sa densité varie de 5,078 à 5,166.

Il cristallise en tables hexagonales très-minces engagées dans de la chaux carbonatée; la mesure approximative des angles a indiqué que ces tables étaient des rhomboèdres aigus basés. On a reconnu l'existence de deux rhomboèdres dont les faces font avec la base des angles de 110° 30′ à 100° 35′, ce qui donne pour les angles de ces rhomboèdres R = 71° 32′ et 2R = 63° 18′. Ces cristaux présentent des clivages peu nets suivant les faces du rhomboèdre R et suivant la base.

---

84. *Analyse de l'*YTTRO-CÉRITE *du Massachusetts*; par M. Jackson. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVI, p. 127.)

Ce minéral se trouve dans un gneiss passant au granite. L'analyse a donné :

---

(1) Voyez pour l'analyse de ce minéral, Annales des mines, 4e séric, t. VIII, p. 713.

Chaux	34,7
Yttria	15,5
Oxydes de cérium et de lanthane	13,3
Alumine et oxyde de fer	6,5
Silice et silicate de cérium	10,6
Fluor	19,4
	100,0

---

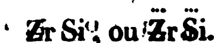
85. *Notice sur le* ZIRCON; par M. W. Henneberg. (J. f. Prackt. Chem., t. XXXVIII, p. 508.)

On sait que les zircons perdent leur couleur par la calcination. M. Henneberg a, en outre, remarqué que chauffés un peu au-dessous du rouge sombre ils devenaient phosphorescents, et que ce phénomène était en rapport intime avec la décoloration produite par la chaleur. Il a trouvé que la densité du zircon brut, qui était de 4,615, s'est élevée à 4,71 par la calcination.

Une analyse du zircon, faite par M. Henneberg, a donné :

Silice	33,85
Zircone et traces d'alcali	64,81
Oxyde ferrique	1,55
Chaux	0,88
	101,09

ce qui conduit à la formule



Zr Si, ou Zr Si.

---

86. *Analyses de diverses* ZOISITES; par M. O. B. Kühn. (Ann. der Chem. u. Pharm., t. LIX, p. 374.)

L'analyse a donné :

	Zoïsite de Zwiesel. (1)	Pistazite d'Arendal. (2) M. Bredt.	Pistazite de Pénig. (3)	Pistazite de Geyer. (4)	Pistazite du Dauphiné. (5)
Silice.	40,62	36.68	38,64	40,57	39,85
Alumine. . .	29,18	21,72	21,98	14,47	21,61
Oxyde de fer.	6,19	16,72	17,42 FeO.	12,10	16,61
Chaux. . . .	22,67	23,07	21,95	30,00	22,15
Magnésie . .	0,73	0,53	0,27	2,76	0,30
Perte au feu.	0,42	»	»	»	»
	99,81	98,53	100,26	99,90	100,52

Ce qui conduit pour (1) à la formule $Ca^4 Al^9 Si^{12}$,
— — (2) — $Ca^{12} Al^{12} Si^{23}$,
— — (3) — $Ca^{12} Al^{13} Si^{26}$,
— — (4) — Ca Al Si,
— — (5) — Ca Al Si.

---

87. *Analyse du* ZUNDERERZ *foncé*; par M. Borntraeger. (Journ. f. Prackt. Chem., t. XXXVI, p. 40.)

Ce minéral est fibreux et vient de la mine Catharine-Neufang, près Andréasberg. L'analyse a donné :

Argent	2,56
Plomb.	43,06
Fer.	4,52
Antimoine	16,88
Arsenic.	12,60
Soufre	19,57
	99,19

Cette analyse porterait à le considérer comme un mélange de :

82,04 Federerz . . . $(\dot{Pb}^2 [\dddot{\overline{Sb}}, \dddot{\overline{As}}])$.

13,46 Mispickel. . . $(Fe \overline{As}^2 + Fe S^2)$.

4,34 Argent rouge. $(\dot{Ag}^3 \dddot{\overline{Sb}})$.

---

88. *Sur la* ZYGADITE; par M. A. Breithaupt. (Ann. de Pogg., t. LXIX, p. 441.)

Ce minéral vient de la mine *Katherine-Neufang*, près Zellerfeld, dans le Hartz. Son éclat est vitreux, et de plus légèrement nacré suivant les faces de clivages. Sa couleur est d'un blanc-rougeâtre ou jaunâtre; il est légèrement translucide. Sa dureté = 7 à 7 1/2; sa densité est de 2,511 à 2,512. Il paraît cristalliser en prisme rhomboïdal droit sous un angle d'environ 136°; tous ses cristaux sont tabulaires et hémitropes, comme l'indique la *fig*. 41, *Pl. XVI*. L'hémitropie est parallèle à la face P. Les faces M sont assez brillantes, tandis que les faces T sont mates et peu nettes. Ces cristaux ont un clivage facile parallèle à la face P; leur cassure est esquilleuse.

Une analyse qualitative, due à M. Plattner, a montré que la zygadite était un silicate anhydre d'alumine et de lithine.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur M. D'AUBUISSON DE VOISINS,

INGÉNIEUR EN CHEF DIRECTEUR DES MINES;

Par M. DE BOUCHEPORN, ingénieur des mines.

Il y a déjà plus de cinq ans que le corps des mines a perdu en M. d'Aubuisson l'un des ingénieurs qui l'ont le plus honoré par leurs travaux, et dont la vie a été le plus constamment, le plus utilement laborieuse : la longue carrière scientifique qu'il terminait datait du commencement de ce siècle, et n'avait pas interrompu depuis lors un seul moment son activité, toujours dirigée vers des œuvres d'une utilité positive. Le corps des mines, où il laissait d'anciens amis, de plus nombreux appréciateurs, et qui comptait son nom parmi les plus dignes d'être conservés, ne pouvait manquer de consacrer à son souvenir une page de ses Annales : ce triste mais honorable devoir nous a été réservé, à nous qui avons eu la douleur de lui fermer les yeux, et, malgré ce qu'il peut avoir d'amertume, ce serait encore une sorte de soulagement pour nos propres regrets, si nous n'y craignions notre insuffisance. Il eût appartenu en effet plus dignement à d'autres ingénieurs placés en avant de nous dans la carrière et qui connaissaient M. d'Aubuisson depuis plus longtemps, d'apprécier les ouvrages qu'il a légués, les services qu'il a rendus à la science et au corps. Nous l'essaierons cependant, soutenu au moins par cette pensée, que nul ne pouvait parler de lui avec les

inspirations d'un attachement plus vrai, d'un respect plus sincère pour sa mémoire.

Toute la vie de M. d'Aubuisson ne nous appartient pas à un égal titre, quoique la science y occupe la plus grande part : officier d'artillerie avant la révolution de 91, il a vu à cette époque sa carrière se briser, et, après de nombreuses traverses, ce n'est qu'à l'âge de 38 ans qu'il a pu la voir se fixer de nouveau en entrant, par une circonstance tout exceptionnelle, dans le corps des ingénieurs des mines, où depuis, pendant un laps de temps presque égal, il a rempli si dignement sa place. Nous devrons nous restreindre surtout sur ces premières portions de la vie de M. d'Aubuisson où la science n'occupe pas la part principale. Dans une biographie moins spéciale et moins riche à d'autres égards, ce serait sans doute une lacune à regretter : un homme de mérite aurait besoin d'être vu tout entier, et cela eût été ici peut-être particulièrement désirable ; car M. d'Aubuisson n'était pas seulement un savant distingué, c'était encore un homme de cœur et d'esprit, doué d'une âme généreuse et élevée, et c'est dans des temps orageux tels que sa jeunesse les a traversés que ces qualités devaient trouver surtout à ressortir. Nous ne renonçons point à en esquisser quelques traits, mais nous n'oublierons pas néanmoins que cette simple notice doit être principalement consacrée à la vie scientifique de M. d'Aubuisson, que c'est surtout à la mémoire de l'ingénieur et du savant que nous avons à payer un tribut.

Jean-François *d'Aubuisson de Voisins*, ingénieur en chef directeur au corps royal des mines, officier de la Légion d'honneur, chevalier de Saint-

Louis, membre correspondant de l'Institut de France, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences de Toulouse, est né dans cette ville le 16 avril 1769 (1). Il fit ses premières études à Sorèze, école renommée alors dans le Midi, où l'éducation, quoique dirigée par des religieux, était établie sur les plus larges bases et tournée particulièrement vers les sciences exactes et les préparations a l'art militaire. Au sortir de ces premières études, à l'âge de 18 ans, M. d'Aubuisson porta d'abord ses vues vers l'étude du droit public. On le destinait à la diplomatie, où des relations de famille devaient lui faciliter l'entrée de la carrière, si la mort n'eût frappé subitement l'ambassadeur dont il avait l'appui. Sans doute les aptitudes de son esprit, si cela est suffisant, eussent pu l'y faire réussir; sa sûreté de vues, la justesse et la portée élevée de ses idées l'eussent soutenu certainement à la hauteur des plus grands intérêts; nous devons ici nous féliciter néanmoins de ce que sa vie ait été réservée pour les sciences : elle eût pu être plus brillante, elle eût été difficilement plus utile.

Rentré dans sa famille, M. d'Aubuisson se tourna en effet plus particulièrement vers les sciences exactes, et voulut embrasser la carrière des armes savantes : il fut reçu en 1789 aspirant au corps royal d'artillerie. Mais à quelque temps de là éclatait cette violente tempête de la révolution française : l'émigration, dont le flot empor-

(1) L'année 1769, illustrée par la naissance de Napoléon, est remarquable dans l'histoire de la géologie : MM. Cuvier, de Humboldt, de Bach, Alexandre Brongniart lui appartiennent, ainsi que M. d'Aubuisson.

tait alors, soit de gré, soit de force, une si grande portion de la noblesse, l'émigration, cette conséquence si malheureuse de nos troubles civils, enleva aussi M. d'Aubuisson au sol de son pays et l'enrôla dans la petite armée d'officiers réunis sous les ordres du prince de Condé. Il était bien jeune encore, et il ne peut entrer d'ailleurs dans notre plan de discuter ni de retracer même la part qu'il peut avoir prise dans les faits de cette grande époque, qu'il appartiendra à l'histoire seule d'apprécier, lorsque, dominant avec l'aide du temps les passions et les souvenirs encore trop vifs aujourd'hui, elle pèsera chacun à la mesure que lui avaient faite et son éducation, et ses tendances sociales, et sa religion politique. Ce qu'on peut affirmer, du moins, c'est que le mobile de M. d'Aubuisson à cette époque de sa vie, qui a eu pour lui une influence si décisive, était une vertu dont le principe est toujours noble, en quelque circonstance qu'elle s'exerce : le dévouement. Pour nous, nous ne voulons ici dire autre chose, si ce n'est comment cet exil de l'émigration fut, pour ainsi parler, le berceau scientifique de M. d'Aubuisson ; que c'est là qu'il puisa le premier goût et fit les premières applications des études qui ont fait ensuite l'occupation de toute sa vie et l'ont amené à devenir un des membres les plus distingués du corps des mines, et l'un des savants qui ont le mieux contribué à répandre en France le goût et les principes de la géologie, l'étude raisonnée des lois et des applications de l'hydraulique.

Quelques années, en effet, après que M. d'Aubuisson eut quitté la France, la marche des événements et le licenciement de l'armée à laquelle il

appartenait le laissèrent sur la terre étrangère libre d'engagements politiques, mais isolé, sans appui et presque dénué de ressources. Pauvre comme l'étaient alors ses compagnons d'exil, il dut songer à se faire une existence, en mettant à profit les souvenirs d'une éducation distinguée. Mais il ne suffisait pas à un esprit comme celui de M. d'Aubuisson d'employer ses facultés à assurer le bien-être du moment, il fallait les exercer encore au profit de sa propre intelligence et du perfectionnement de son savoir. Homme de sens et de jugement par-dessus tout, il sentit qu'il fallait compter avec le temps et travailler dans un but d'avenir, si incertain qu'il fût pour lui. Il ne pouvait oublier la France qui l'avait vu naître; il ne pouvait croire que le retour dans sa patrie lui fût pour toujours fermé. Il songea donc surtout à puiser en Allemagne ce qui était propre à cette contrée, à s'enrichir des connaissances qui y étaient le plus spéciales, pour en rapporter ensuite le tribut à son pays.

L'Allemagne, pays de mines, est un des berceaux de la minéralogie et de toutes les sciences qui se rattachent à la connaissance et à l'exploitation du sol. L'étude de la minéralogie et de la géologie, déja portée assez haut en France, car notre pays avait produit à cette époque Romé de Lisle, Buffon, Saussure, Haüy, Vauquelin, Dolomieu; cette étude, disons-nous, brillait alors en Allemagne d'un éclat particulier : Werner, professait à Freiberg.

Attiré par la renommée du maître célèbre, ce fut à Freiberg que M. d'Aubuisson se rendit; c'est dans cette ville classique qu'il alla fixer pendant plusieurs années son laborieux séjour (de

1797 à 1802), y faisant échange d'études, écoutant et donnant des leçons; parcourant aussi la Saxe, étudiant son sol, les travaux de ses mines, ses machines, ses ateliers métallurgiques, avec ce coup d'œil de rectitude pratique qu'il montrait dès lors et qu'on retrouve dans tous ses travaux ultérieurs. Werner, esprit éminent, maître enthousiaste d'une science qu'il avait en partie créée, et qui brilla autant peut-être par la renommée de son école et de ses disciples que par la sienne propre, Werner ne pouvait manquer d'apprécier les hautes qualités d'esprit de M. d'Aubuisson. Il l'avait accueilli tout d'abord avec la bienveillance germanique, avec celle qui lui était propre; lorsqu'il l'eut connu davantage, il l'honora d'une amitié particulière, à laquelle M. d'Aubuisson répondit d'ailleurs par le zèle d'un ardent prosélyte et par un attachement dont le souvenir et l'influence ne s'effaça jamais chez lui. C'est M. d'Aubuisson, en effet, qui a traduit en français l'ouvrage principal de Werner, sa Théorie des filons, et qui a l'un des premiers fait connaître chez nous les idées fondamentales de ce grand minéralogiste. Dans son petit ouvrage sur les basaltes de la Saxe, et dans les prolégomènes de son Traité de Géognosie, publié longtemps après, il a consacré à sa mémoire quelques belles et nobles pages.

De l'époque de son séjour à Freiberg, M. d'Aubuisson prit rang parmi les savants, parmi les écrivains distingués sur l'art des mines et la géologie. Chaque année depuis lors fut marquée par quelque publication importante : nous citerons d'abord celles qui furent faites en Allemagne. En 1800 et 1801, il communiquait de Freiberg au Journal des Mines trois mémoires fort étendus

sur la préparation des minerais en Saxe, sujet tout pratique, mais nouveau en France, dont il avait fait sur les lieux une étude extrêmement précise. Ces mémoires avaient été précédés de deux autres d'une portée plus élevée, consacrés du moins à des sujets d'un ordre plus général, l'un sur la jurisprudence des mines en Allemagne, l'autre sur l'administration des mines de la Saxe et sur leur produit économique : dissertation pleine d'intérêt surtout à cette époque, où l'on sentait le besoin de refaire et de régulariser la législation des mines en France. M. d'Aubuisson avait donné et donna toujours depuis lors une attention particulière à ces considérations de l'ordre législatif; aussi l'administration des mines n'oublia-t-elle point de s'éclairer de ses lumières en plusieurs circonstances, et notamment lors de l'élaboration de la grande loi sur les mines en 1810. Dans les premiers mémoires dont nous parlons, il appuyait fortement déjà sur la convenance de quelques principes qui depuis ont pris force de loi en France, par exemple celui d'une séparation complète entre la propriété des mines et celle de la surface du sol.

De 1801 à 1802, M. d'Aubuisson s'occupait d'un travail de plus longue haleine, il publiait un ouvrage en trois volumes sur les mines de Freiberg (1). C'était un livre qui tenait beaucoup plus que ne le promettait son titre modeste, car cette monographie des mines de la Saxe est conçue d'après un plan si étendu, qu'elle semble un véritable traité sur l'art des mines plutôt qu'une description particulière. L'auteur y passe en effet

(1) Des mines de Freiberg en Saxe et de leur exploitation, Leipsick, 1802.

successivement en revue l'exploitation des mines chez les peuples anciens, la classification et la disposition générale des masses métallifères d'après les idées de Werner, sur lesquelles on avait alors peu écrit; puis toutes les généralités techniques sur l'exploitation des mines métallifères, comprenant les méthodes d'aménagement et d'airage, les percements, les charpentes et maçonneries, les moteurs hydrauliques, la préparation des minerais; viennent enfin la topographie, l'histoire et la statistique des mines de Freiberg prises dans leur ensemble, la distribution de toutes leurs eaux motrices, leur administration, et en dernier lieu la description particulière de chacune d'elles. Il y avait là le germe de toutes les recherches soit minéralogiques, soit hydrauliques, qui ont rendu si intéressants pour la science les travaux de la dernière moitié de sa vie.

Il expose aussi dans cet ouvrage plusieurs séries d'expériences qu'il avait faites au fond des mines de Freiberg sur la question importante, et encore incertaine alors, de la température souterraine. Il est en effet, avec M. Cordier, aujourd'hui inspecteur général des mines, l'un des premiers savants qui se soient occupés, après Saussure, de ces intéressantes expériences, et qui aient constaté par des chiffres positifs le grand fait, mis en doute jusqu'à cette époque, de l'accroissement de température avec la profondeur. Nous devons dire toutefois qu'entraîné par la doctrine de Werner, M. d'Aubuisson n'admettait pas alors la chaleur interne du globe, ainsi qu'on peut le voir dans un mémoire sur la température de la terre, inséré au tome LXII du Journal de physique (avril 1806).

Vers la même époque (1802) parut la traduc-

tion française de la Théorie des filons de Werner.

Tous les premiers écrits de M. d'Aubuisson, tous ceux qu'il composa pendant son séjour en Allemagne, sont donc consacrés spécialement à l'étude des mines proprement dites et à celle de leur exploitation. Placé près du plus grand centre d'exploitation métallifère, il s'inspirait de la vue des lieux dans cette laborieuse investigation du travail des mineurs ; ce rude et technique labeur était peut-être au reste un effort qu'il imposait à son esprit pour tromper les regrets d'un long exil, et sans doute ce n'est qu'à son retour en France qu'il eut l'esprit assez libre pour s'occuper de publications d'un ordre plus général et moins pratique. Ce retour dans la patrie, si désirable et si désiré, eut lieu enfin, après dix ans d'attente, lors du rappel général des émigrés.

Mais à ce sujet, et dans l'intervalle de temps dont nous avons parlé, vient se placer dans la vie de M. d'Aubuisson un trait que nous ne pouvons nous résoudre à passer sous silence, malgré la réserve que nous nous sommes prescrite sur ce qui concerne uniquement sa vie privée : c'est que ce trait peint en effet d'un seul coup ce qu'il y avait de chaleureux dans son cœur et d'énergie dans son caractère. Du fond de l'Allemagne, où le retenait son exil, ses yeux demeuraient sans cesse tournés vers la France, vers sa ville natale, vers sa famille : le désir de les revoir éclata enfin si vivement qu'un jour il n'y résiste plus, il part. La loi de mort contre les émigrés sévissait alors dans toute sa rigueur ; mais il a décidé qu'il reverra les siens ; qu'il posera encore le pied sur le sol natal, ne fût-ce que quelques jours, et animé par une aussi pieuse idée, il entreprend ce long pèlerinage,

dont suivant toute apparence il ne devait jamais revenir. Il arrive à Paris, ose assister, sous un nom allemand, à une assemblée scientifique où il est reconnu pour Français et n'échappe aux suites de cette imprudence que par miracle; de là il traverse toute la France, en partie à pied, touche à Toulouse, embrasse enfin son père et sa famille, puis le cœur content il regagne la frontière et va retrouver à Freiberg ses études, consolation de l'exil.

De semblables traits n'étaient sans doute point rares alors, où le courage français se montrait sous tant de formes; mais quelle que soit la mesure qu'on veuille lui donner, il est certain que par son motif et son exécution il ne pouvait appartenir qu'à un cœur ferme et à un excellent cœur.

Revenu définitivement en France à la suite de l'amnistie consulaire, nous trouvons M. d'Aubuisson s'occupant de publications géologiques et l'esprit plus libre alors, se mêlant activement au grand débat de cette époque, celui des neptuniens et des vulcanistes. La bannière de M. d'Aubuisson ne pouvait être douteuse, c'était celle de Werner; on va voir cependant qu'animé d'un esprit vraiment philosophique il ne suivait point en aveugle la trace d'un système tout arrêté et qu'il savait chercher et reconnaître la vérité, même lorsqu'elle lui coûtait l'aveu public d'une erreur.

Parcourant la Saxe en observateur, il avait cru trouver dans la position et la nature des basaltes de cette contrée des faits propres à étendre les principes de cette école de Freiberg, à laquelle il avait voué toute l'ardeur de ses premières convictions. Il fit de cette étude l'objet d'un mémoire intéressant, écrit avec élégance, où les observations étaient présentées et discutées

avec un soin et une méthode remarquables, et qui produisit beaucoup d'effet à l'Institut, où il fut lu au commencement de 1803 : les neptuniens y étaient alors, je crois, en majorité.

C'était en effet un gant jeté dans l'arène : M. d'Aubuisson croyait pouvoir établir que les nappes basaltiques, qui couronnent quelques sommités de l'Erzgebirge (1), n'étaient autres que des fragments d'une grande assise continue, dépôt moderne des eaux, qui aurait recouvert toute la contrée; conclusion qu'il semblait même donner comme universelle pour ce genre de roche. Telle était du reste l'opinion générale de Werner sur les basaltes; cette idée, toute paradoxale qu'elle nous paraisse aujourd'hui, avait alors pour appuis d'autres autorités non moins élevées dans la science : ainsi, le travail dont nous parlons n'était pour ainsi dire que le développement de cette phrase de Dolomieu : « Les basaltes de la Saxe (trapps noirs prismatiques) peuvent être des produits de la voie humide. » M. d'Aubuisson l'avait prise pour épigraphe de son mémoire et une allusion touchante, jetée dans le courant de cet écrit, à la perte alors récente et si malheureuse de l'illustre géologue français, ne laissa pas de contribuer à répandre de l'intérêt sur son travail et acheva d'assurer à l'auteur la bienveillance de l'Institut. Une honorable preuve lui en fut donnée immédiatement. Il avouait dans son mémoire qu'il n'avait pu obser-

(1) Petite chaîne qui sépare la Saxe de la Bohême et dont le nom signifie *montagnes métallifères*. M. de Bonnard en a fait connaître en 1816 la constitution géologique dans son important mémoire, *Essai géognostique sur l'Erzgebirge*.

ver encore aucun volcan soit en activité soit éteint : l'Académie lui confia la mission de visiter ceux de l'Auvergne et du Vivarais, afin qu'il possédât les éléments d'une discussion contradictoire, et elle le chargea de lui faire au retour une communication détaillée sur cet objet.

M. d'Aubuisson remplit dignement cette mission, car il la remplit en véritable ami de la vérité, avec l'abnégation la plus rare des convictions qu'il s'était faites et qui lui avaient valu tant de suffrages. Dès son arrivée en Auvergne, il remarqua ce passage si clair des laves scoriacées au basalte, que l'on y retrouve à chaque pas; il ne put plus douter alors de son erreur sur l'origine supposée neptunienne des basaltes de la Saxe, et l'abandonnant aussitôt avec franchise, il fit, dans un rapport présenté à l'Institut en 1804, la réfutation de ses propres idées. « Et l'on vit (pour emprunter l'expression d'un homme de beaucoup » d'esprit qui a voulu aussi consacrer quelques » pages à la mémoire de M. d'Aubuisson son pa- » rent), l'on vit un philosophe vraiment digne de » ce nom employer toutes les ressources de son » esprit à démontrer qu'il s'était trompé (1). » C'était là un bel exemple. Quelques académiciens, m'a-t-il dit, ne le lui pardonnèrent jamais.

Je ne puis éviter de payer ici un juste tribut à Werner et aux principes de son école : Werner, à travers ses vues si belles et si fécondes sur la succession des terrains et sur celle des filons métallifères, a pu professer certaines idées systématiques généralement abandonnées aujourd'hui et qui

(1) Eloge prononcé à l'Académie des jeux floraux par M. le vicomte de Panat.

peut-être ne reparaîtront jamais dans la science; mais Werner avait vu du moins que le corps de doctrines appelé géognosie, c'est-à-dire connaissance de la terre, a son principe dans l'observation : il avait donc appris à ses disciples à observer, à écouter le langage des faits; il leur en avait donné le goût. Il avait formé en un mot de grands observateurs, et c'est en cela particulièrement qu'il a si bien mérité de la science, de la postérité; car, avec cette méthode, l'erreur n'a plus qu'un temps, la vérité se fait jour tôt ou tard. Par elle tout sert ainsi dans les efforts des bons esprits pour étudier la nature; que ni la résistance qu'ils trouvent aujourd'hui, ni les changements qu'amènera demain le mouvement général des idées n'aient le pouvoir de les décourager : les erreurs inévitables que ce travail de l'esprit, fondé sur l'observation, peut apporter encore, ne sauraient être en effet qu'éphémères; ce qu'il apporte de vrai demeure, et servira de point de départ à d'autres mieux inspirés quelquefois, mais non point par cela seul plus méritants.

En considération de ses remarquables travaux, M. d'Aubuisson avait enfin trouvé à Paris une position, faible récompense de son mérite, mais qui du moins lui permettait de se livrer avec plus de sécurité au culte des sciences dont il s'était fait l'adepte : il avait été nommé, au commencement de 1803, adjoint au conservateur des collections minéralogiques à l'Ecole des mines de Paris, et chargé spécialement de l'examen et de la traduction des mémoires étrangers. Il usa utilement pour lui et pour la science des loisirs de cette place modeste, les employant pour la plupart à des voyages d'observation et d'étude dont il enrichis-

sait au retour les principaux recueils scientifiques et particulièrement le Journal des Mines, où ses publications se succédèrent avec une continuité remarquable. Le mémoire sur les volcans de l'Auvergne et du Vivarais est de 1804; à peu près vers le même temps il publiait un travail d'un genre tout différent, sur les levés de plans souterrains par la méthode des coordonnées, méthode généralement suivie depuis lors et qu'il croyait avoir trouvée le premier; mais quoique inusitée elle était connue en Allemagne dès 1772. Il publiait aussi dans le Journal des Mines des notices sur les mines de houille de Silésie, sur diverses fonderies d'Allemagne et sur les machines à vapeur des mines de Tarnowitz. En 1805 parut un mémoire sur les grandes mines de houille d'Anzin : on y voit avec intérêt des observations détaillées (des premières qui aient été imprimées) sur les ploiements singuliers et si caractéristiques qui ont donné en géologie une sorte de célébrité au terrain houiller de cette contrée, et sur le passage des grandes nappes d'eau souterraines qui rendent si difficile de pénétrer jusqu'à ses riches amas de charbon; puissant obstacle en effet, qui semble avoir été placé là par la nature pour en défendre les approches, comme autrefois l'on dit que le dragon de la fable gardait l'entrée et les richesses du jardin des Hespérides : mais quel obstacle saurait résister aux efforts de cet Hercule moderne, la vapeur?

En 1806, M. d'Aubuisson insérait encore dans le Journal des Mines la description d'une exploitation étrangère des plus intéressantes, celle d'une couche de galène près Tarnowitz en Silésie, description complétée par un travail sur le traitement

métallurgique de ce même minerai. Entre autres précieux détails que présentent ces deux mémoires, on y voit rapporté ce procédé si curieux employé à Tarnowitz pour traverser par des puits d'exploitation un terrain de sables mouvants, lequel consiste à édifier à la surface du sol une tour en maçonnerie, qu'on laisse enfoncer par son propre poids : procédé d'une invention si originale, qui avait été importé en Silésie par un Français et qui depuis a été appliqué avec tant de bonheur, par un Français encore, au percement d'un des plus beaux travaux souterrains qui existent, le tunnel sous la Tamise.

Egalement en 1806, M. d'Aubuisson écrivait un premier mémoire sur la mesure des hauteurs par le baromètre, dont il discutait et modifiait la formule : préludant ainsi à des travaux barométriques plus importants, dont nous parlerons ci-après. Il employait en outre une autre partie de la même année à des expériences sur l'effet utile des machines hydrauliques de Poullaouen et du Huelgoat en Bretagne, et sur la température dans l'intérieur de ces mines, complément des études du même genre qu'il avait faites à Freiberg. Nous devons citer aussi quelques travaux chimiques qui l'occupèrent pendant cette période de sa vie d'études, particulièrement des recherches sur l'hydrate de fer, par lesquelles il montre que l'eau y est combinée avec l'oxyde de fer en proportion définie, point de vue qui ne manquait pas alors de nouveauté.

Nous arrivons enfin à l'époque où M. d'Aubuisson obtint le prix de ses travaux qu'il ambitionnait le plus, parce qu'il assurait son avenir en satisfaisant à ses goûts et à l'objet de ses longues études :

le 13 février 1807 il fut attaché au corps des mines à titre d'ingénieur. Voici à quelle occasion : Le territoire français ayant pris, par suite des conquêtes, une grande extension, l'empereur voulut qu'il fût créé quatre ingénieurs pour être attachés aux départements nouveaux que l'on avait formés aux dépens des territoires du Piémont, de la Belgique et de la Suisse. Les cadres du corps étaient restreints et deux élèves seulement se trouvaient alors disponibles ; quoiqu'il fût établi dès lors qu'il ne devait s'alimenter que par l'Ecole polytechnique, le besoin d'hommes de savoir et d'expérience étant néanmoins immédiat, M. d'Aubuisson fut proposé par le Conseil des mines et nommé bientôt après : on lui confia le service des départements de la Doire et de la Sésia. C'était sans doute une anomalie aux règles existantes; tout ce qu'il nous est permis de dire à ce sujet, c'est que cette anomalie ne pouvait être justifiée par un mérite plus réel et plus spécial, par de plus grands services scientifiques dans le passé et par de meilleures garanties pour l'avenir. C'était pour l'administration des mines, si je puis le dire, une bonne fortune extra-légale, dont on peut ici se féliciter franchement, car un exemple amené par un tel concours de circonstances et de mérite ne saurait être un dangereux précédent.

M. d'Aubuisson demeura cinq ans dans sa résidence du Piémont; il les passa dans une activité continuelle, au milieu des forges nombreuses, des mines métallifères de cette contrée subalpine, et de la haute ceinture de montagnes qui l'enclave. De temps en temps néanmoins il revenait à Paris pour la publication de ses travaux scientifiques, qui ne furent pas un instant interrompus et pour

lesquels il mettait au contraire à profit les convenances de son service, celles des localités intéressantes qui l'entouraient. Les départements qu'il avait à inspecter, et l'on peut dire à organiser sous le rapport minéralogique, étaient situés sur la pente des Grandes Alpes : c'est de cette position qu'il profita pour se livrer à des études géologiques d'une part, de l'autre à des expériences du plus haut intérêt sur l'important sujet de la mesure des hauteurs par le baromètre.

Ses observations géologiques ont été résumées dans un mémoire inséré au Journal des mines, tome XXIX, sous le titre de *Statistique minéralogique du département de la Doire*. Indépendamment de l'intérêt matériel qui s'attache toujours à l'étude d'une contrée peu connue, la composition de ce travail et les généralités importantes qui y sont renfermées le recommandent à l'attention : il n'est point restreint en effet à des observations de minéralogie, il embrasse pour ainsi dire tous les détails de la constitution physique et climatologique de ce versant des Alpes, il décrit en style pittoresque la disposition des vallées, la structure et l'aspect des montagnes, la nature du sol, des cultures, donne les hauteurs des principaux sommets, parmi lesquelles plusieurs avaient été mesurées par l'auteur même ; il expose aussi le résultat de ses propres observations sur la limite des neiges perpétuelles, la variation des cultures avec le niveau du sol, sur la hauteur des habitations les plus élevées, enfin sur cette triste plaie des contrées montagneuses, bien digne de l'attention des naturalistes et qui avait occupé Saussure, le crétinisme. Son esprit observateur embrassait ainsi tous les sujets, saisissait tous les

détails utiles ou intéressants pour la science. Quant à la partie proprement géologique, ce que ce mémoire nous paraît présenter de plus saillant au point de vue général, c'est d'avoir aperçu et signalé avec netteté, avec force, le passage graduel des roches d'apparence primordiale aux terrains que leur nature et leurs fossiles présentaient comme indubitablement secondaires, résultat dont M. d'Aubuisson ne déduisait, il est vrai, de conséquences que relativement à l'origine des terrains appelés primitifs, mais qui en réalité était, après le beau travail de M. Brochant de Villiers sur la Tarentaise, le second pas vers ce rajeunissement progressif des terrains des Alpes, continué depuis lors et achevé de nos jours, particulièrement par des géologues dont s'honore aussi le corps des mines. Les mêmes observations étaient encore un acheminement vers la mise en lumière de ces transformations de roches sédimentaires en roches cristallines par l'influence ignée, un des théorèmes les plus positifs de la géologie actuelle, mais qui était fort étranger alors aux idées de l'auteur lui-même; il était conduit néanmoins par la justesse de l'observation vers une conclusion, que l'Ecole d'Edimbourg seule commençait alors à déduire théoriquement de principes tout différents et à introduire nouvellement dans la science.

Le travail publié par M. d'Aubuisson à la même époque sur la mesure des hauteurs par le baromètre, travail à la fois théorique et expérimental, est un de ceux qui lui font le plus d'honneur. Son séjour au pied des Alpes lui en avait aussi fourni l'idée et le moyen. Nous avons vu que déjà en 1806 il avait dirigé quelques études vers la vraie forme et la vraie valeur à donner aux divers fac-

teurs de la formule barométrique, formule dont les expériences de Pascal et celles de Mariotte avaient posé la première base et que, depuis, tant de savants distingués, Halley, Bouguer, Deluc, Laplace, Gay-Lussac, Ramond, Biot et Arago, avaient contribué à établir ou à perfectionner M. d'Aubuisson vit dans son séjour au pied des Alpes une heureuse occasion de soumettre cette importante mesure aux enseignements et à la sanction d'une expérience rigoureuse et raisonnée De concert avec M. Mallet, ingénieur en chef des ponts-et-chaussées, aujourd'hui inspecteur général honoraire, il mesura par triangulation (et avec une précision que les autorités les plus compétentes, MM. de Laplace, Biot et Arago, commissaires de l'Institut, ont reconnue parfaite), la hauteur du mont Grégorio, pic situé au Nord du Piémont, à environ 2000 mètres au-dessus de la mer, et dont le sommet est complétement isolé. Il mesura ensuite la même hauteur à l'aide du baromètre, avec toutes les précautions exigées, à dix jours différents, et l'application de ses formules à cette mesure lui donna une hauteur moyenne de deux millièmes seulement plus grande que l'évaluation trigonométrique : différence extrêmement légère, dont il se servit néanmoins pour corriger encore les coefficients constants de ses deux formules comparatives. Enfin, appliquant aux mêmes mesures les différentes formules barométriques connues, il put ainsi les soumettre à une appréciation relative fort intéressante.

Mais ce n'était point assez pour M. d'Aubuisson, il voulait que son séjour dans les Alpes lui servit à épuiser tout ce qui concerne cet important sujet : il lui restait à examiner l'influence horaire et quo-

tématique sur les écarts variables de la méthode barométrique, à chercher le sens et la limite de ces erreurs et la part de chaque cause. A cet effet il a placé un baromètre à l'hospice du Grand-Saint-Bernard, la plus haute habitation alors connue, et pendant cinquante-deux jours il fit, soit par lui-même, dans de fréquents et fatigants voyages, soit par les soins d'un des bons religieux, habitants de l'hospice, des observations suivies, comparées parallèlement à celles d'un baromètre placé à Turin. Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans le détail de ces intéressantes expériences; disons seulement que l'influence la plus grande fut trouvée celle de l'heure, l'heure la plus chaude donnant des hauteurs sensiblement plus grandes (un millième environ en moyenne de l'élévation totale); influence qu'il attribuait surtout à l'excès de réverbération qu'éprouve la radiation solaire à la station basse, ce qui changeait la loi de température dans les couches d'air.

Tous les résultats dont nous venons de parler furent exposés dans un beau mémoire lu à l'Institut en mars et avril 1810 et qui y reçut la plus flatteuse approbation.

Mais ces belles recherches scientifiques ne faisaient point oublier à M. d'Aubuisson les devoirs commandés par ses fonctions d'ingénieur; il les remplissait au contraire avec une activité et un succès auquel l'état étranger de ce pays donnait plus de prix; dans ses séjours à Paris l'administration réclamait aussi le concours de ses lumières lors de l'élaboration de la loi sur les mines et sur les attributions du corps des ingénieurs : il obtenait ainsi des droits à un avancement que son âge lui permettait d'ailleurs légitimement d'espérer.

En 1811, lors de la nouvelle subdivision minéralogique du territoire, il fut nommé ingénieur en chef de l'arrondissement de Toulouse, alors fort étendu.

Les vœux de M. d'Aubuisson se trouvaient remplis : rendu à son pays natal avec une position sinon brillante du côté de la fortune, au moins considérée et que devait encore relever son mérite personnel, c'est à cette position modeste qu'il borna depuis lors toute son ambition, ne cherchant qu'à l'embellir, à la rehausser par le travail. D'autres auraient pu penser à sa place qu'ayant désormais un avenir assuré, l'heure du repos était venue; mais pour un esprit comme celui de M. d'Aubuisson il n'y a point de loisirs : au lieu de voir dans sa position nouvelle un terme à ses travaux, il ne vit que l'occasion d'en agrandir le cercle et d'être utile à la fois à la science, à l'Etat et enfin à sa ville natale, à laquelle, ainsi que nous le dirons bientôt, il rendit d'éminents services pendant trente ans de résidence, mais surtout pendant les quatorze ans où il fut appelé à siéger comme conseiller municipal.

Les premières préoccupations du nouvel ingénieur en chef furent néanmoins celles de son service. Indépendamment de la partie contentieuse et administrative, à laquelle il donna toujours une attention particulière, chaque année il parcourait à cheval son arrondissement entier, c'est-à-dire tout le vaste pays qui s'étend entre Toulouse et Bordeaux, entre Foix et Bayonne, inspectant non-seulement les grandes mines de houille et de fer, mais visitant une à une les nombreuses forges des Landes, du Périgord et de l'Ariége, avec ce que je pourrais nommer un courage d'observation

qui était un des traits de son caractère. Longtemps cette activité se soutint la même malgré la maturité de l'âge, et il ne peut être inutile de citer ou de rappeler de semblables exemples. Mais parmi les travaux sur lesquels s'étendait son inspection, un objet des plus importants réclama tout d'abord sa sollicitude et demanda bientôt le concours de sa fermeté et de ses lumières. Les grandes mines de fer de la vallée de Vicdessos dans l'Ariége, qui alimentaient alors plus de cinquante forges catalanes (plus de quatre-vingts aujourd'hui), et qui donnent en outre du travail, par l'extraction seule et par le transport du minerai, à la population presque entière de quatre communes, ces mines étaient alors livrées à l'exploitation aveugle d'une masse d'hommes qui, bouleversant le sol sans prudence et sans guide, menaçaient de compromettre à la fois et leur propre existence et l'avenir des travaux. Après avoir usé sans ménagement pendant plusieurs siècles des largesses de la nature et creusé sans relâche les flancs de la montagne ferrifère, ils y avaient ouvert par éboulement de vastes cavernes et entassé d'énormes amas de ruines, dont les mouvements ne peuvent encore aujourd'hui ni s'arrêter ni se régler complétement. Aux yeux d'un homme de l'art il y avait lieu de conjecturer qu'à une époque plus ou moins rapprochée non-seulement les traces métallifères pourraient être absolument perdues, mais qu'une partie de la montagne s'affaissant sur elle-même, pouvait même engloutir en un jour ou enfermer vivants toute la population des travailleurs. M. d'Aubuisson s'en émut et comme ingénieur et comme homme; dès 1811 il signalait ce sujet à la sollicitude de l'administration et lui proposait

d'appeler à elle la direction de cette exploitation, alors simplement communale, ou qui du moins, cédée autrefois par le domaine à une ancienne *vallée* des Pyrénées et régie alors par les consuls de Vicdessos, s'était trouvée sans chefs depuis que la centralisation de 89 avait fait disparaître en France ces sortes de petites républiques, dont l'Andorre est restée peut-être aujourd'hui le seul exemple. Bientôt le vœu de M. d'Aubuisson fut réalisé et c'est surtout d'après les propositions faites par lui dans divers rapports, que fut réglée l'organisation administrative des mines de Vicdessos, placées aujourd'hui sous la sauvegarde des ingénieurs : organisation qui, pénible pour eux, mais préservatrice pour les pauvres mineurs, a rendu depuis trente ans bien des services à cette partie des Pyrénées françaises, et qui arrivera peut-être à lui en rendre de plus grands encore, s'il est possible, comme nous le croyons personnellement, d'étendre par des recherches convenables, le champ des travaux vierges, aux bases encore intactes de la montagne, et d'y porter toute l'exploitation.

Sans doute on ne pourrait dire que cette organisation administrative soit, d'une manière absolue, ce qu'il y a de plus simple et de meilleur pour l'exploitation utile d'une masse minérale; mais pour l'apprécier sainement il faudrait se reporter aux circonstances et à l'époque où elle a été instituée. Les gens de la vallée de Vicdessos, en vertu de leurs vieilles chartes, agissaient pour ainsi dire comme propriétaires individuels, chacun suivant sa portion de travail : on ne pouvait renverser d'un trait de plume les droits acquis par plusieurs siècles d'usages, on ne pouvait heurter de front toutes

les habitudes de cette population catalane, nourrie pour ainsi dire à se gouverner elle-même; on ne le pouvait du moins sans danger pour la continuité du travail et pour la marche des forges qui en dépendaient. Il convenait donc de combiner les divers éléments d'administration de manière à ne donner à l'action de l'État qu'une surveillance d'ensemble, qu'une protection presque invisible, en lui ôtant l'embarras et la responsabilité d'une surveillance individuelle trop difficile. C'est ce que l'on fit en effet par le maintien d'une sorte de magistrature élective, celle des jurats, usitée depuis longtemps dans cette sorte de cité souterraine pour la police intérieure. En conservant cette espèce de municipe, mais sous le contrôle de l'administration, et réservant aux ingénieurs la direction des travaux d'art et de recherche, on parvenait ainsi à diriger et sauvegarder cette population turbulente de travailleurs, sans que pour ainsi *dire elle* se sentît gouverner, sans qu'elle s'aperçût du passage de son état premier à son état nouveau. Au reste, pour ceux qui ont connu intimement M. d'Aubuisson, il serait facile de reconnaître ici l'empreinte d'un des traits de son caractère, je veux parler de son respect pour les choses anciennement établies. Très-ardent et très-ferme pour l'établissement d'une réforme nécessaire ou d'une amélioration profitable dans le fond des choses, il n'aimait pas les simples innovations dans la forme, non plus que les secousses brusques dans les habitudes et l'organisation des masses; sa triste expérience lui en avait fait connaître la gravité. Comme savant, il appréciait dans les rouages mécaniques l'effet désastreux des chocs brusques : c'est avec cette

préoccupation du savant qu'il jugeait les mouvements de l'organisation sociale.

Malgré la douceur des réformes introduites aux mines de Rancié, M. d'Aubuisson eut néanmoins quelquefois à lutter contre la turbulence des mineurs : il le fit avec la fermeté qui lui était propre. Dans d'autres circonstances il eut à lutter encore, ce qu'il fit avec une fermeté non moins grande, contre des empiétements d'un autre genre, dirigés contre les droits et l'autorité attribués aux ingénieurs. Mais dans tout ceci il fut toujours guidé par l'amour du bien, par l'intérêt de cette population qu'il avait comme sauvée de sa ruine : ce pays lui doit beaucoup, il le sait, et M. d'Aubuisson y était personnellement aimé : sa perte, trente ans après l'époque dont nous parlons, y fut un véritable deuil.

La partie active du service d'ingénieur laissait encore à M. d'Aubuisson quelques loisirs, c'est-à-dire quelque temps à utiliser ; il résolut de l'employer à une œuvre de science, à un travail de longue haleine auquel il avait songé depuis sa rentrée en France. Il voulait résumer dans un ouvrage complet et méthodique les principales connaissances de ce temps en géologie, et particulièrement celles que l'on devait à l'école qu'il affectionnait, celle de Freiberg. Il y travailla plusieurs années et enfin en 1819 parut son *Traité de géognosie.*

Il ne m'appartient pas, il m'appartient peut-être moins qu'à un autre, de donner une opinion sur ce bel ouvrage, et cela serait sans doute superflu, car il est peu de géologues qui n'en aient fait l'étude et qui ne l'aient encore entre les mains. Bien des années se sont passées depuis sa publication,

et les années se comptent dans une science comme la géologie : le Traité de M. d'Aubuisson ne peut donc plus guère être l'œuvre du jour, il n'est plus l'expression des idées et des connaissances les plus nouvelles ; mais il est entré, et il marque encore dans l'histoire générale de la science (1). Il a d'ailleurs des beautés de tous les temps, je veux dire un style pur et expressif, une exposition lumineuse, une méthode sûre et un talent de description qui produit un effet d'autant plus sûr, que l'expression pleine de force et d'image n'y dépasse pas néanmoins le naturel. On y trouve en outre une érudition étendue et une impartialité remarquable dans l'exposé des opinions et des faits. Cet ouvrage est au reste plutôt descriptif que systématique ; M. d'Aubuisson était de la bonne école des géologues, de l'école des observateurs, née pour ainsi dire avec Saussure et Werner ; réservé comme ces grands maîtres, il ne suppléait que le moins possible au silence des faits ou à l'incertitude d'une science encore peu avancée. Ami sincère de la vérité, et particulièrement soucieux des choses positives, il s'attachait à ce grand précepte de Descartes, qu'il a placé au milieu des plus belles pages de l'Introduction au Traité dont nous parlons : « Celui qui » aspire à connaître la vérité doit, au moins une » fois en sa vie, s'appliquer à douter de tout ce » qu'on lui a appris. » Philosophie, dirons-nous,

(1) Tout ce que nous disons ici ne se rapporte qu'à la première édition du Traité de géognosie ; la seconde édition, dont il n'a revu que la première partie, a été continuée sans aucune participation de sa part, et sous l'empire d'idées tout à fait étrangères aux siennes : à part le premier volume, il n'y faut rien chercher de M. d'Aubuisson.

qui sans doute ne peut être à la portée de tous les esprits, et qui d'ailleurs ne mène pas toujours à la vérité, mais qui du moins peut seule maintenir la science et l'esprit humain dans la voie qui y conduit.

L'impartialité du géologue ne pouvait aller néanmoins jusqu'à l'indifférence de tout système : il est pour M. d'Aubuisson certaines questions de principes dans lesquelles il est resté plus ou moins strictement fidèle aux idées werneriennes, et qui dominent toutes les classifications de son ouvragé. De ce nombre est l'opinion de la nature sédimentaire des roches granitoïdes, opinion dont le principal fondement expérimental est d'une part l'universalité de ces roches, leur constance de composition, de l'autre le passage indiscernable si souvent observé entre le granit massif et des roches évidemment stratifiées, comme les gneiss et schistes micacés. Cette opinion était, comme l'on *sait*, celle de Saussure : elle a subi depuis lors bien des modifications, comme il arrive dans les sciences naturelles, car l'absolu n'y existe point; mais enfin elle n'a point disparu, et sous des formes nouvelles, sans exclure surtout comme autrefois l'action du feu, elle nous paraît tendre aujourd'hui à renaître dans toute sa force. Constatons donc que sous ce point de vue l'ouvrage de M. d'Aubuisson, aussi bien que ceux de M. de Humboldt, est resté comme un jalon placé sur la route que suit incessamment la science. Peut-être y a-t-il lieu de regretter qu'il ait été moins explicite sur d'autres sujets, qu'il ait donné par exemple si peu de place à la géologie dynamique : on n'y voit presque rien en effet sur les causes de la formation des montagnes, sur la question de leur

soulèvement. Et cependant l'esprit élevé de l'auteur ne méconnaissait point l'effet des causes générales (1) dans le vaste relèvement des couches horizontales du sol et dans les grandes directions linéaires de ces relèvements; mais il est à regretter qu'il ait gardé sur ces questions une réserve trop strictement imitée de celle de Saussure. En revanche, tout ce qui tient à la description physique du globe, aux températures de son écorce et de son atmosphère, à l'action des eaux, à la mesure des hauteurs, est traité avec un soin et une précision des plus remarquables.

A la suite de cette publication importante M. d'Aubuisson fut élu membre correspondant de l'Institut pour la section de minéralogie : il était aussi secrétaire perpétuel de l'académie de Toulouse, et nous devons ajouter qu'il sut donner à cette société savante, soit par ses efforts personnels, soit par son exemple, un peu de cet éclat dont souvent ne brillent que trop passagèrement les sociétés de province. Mais il lui était réservé d'être d'une utilité plus réelle à sa ville natale : le monument hydraulique dont il contribua pour une si belle part à la doter fera vivre longtemps son nom dans la mémoire de ses concitoyens; il le fera vivre aussi dans celle des savants par les belles recherches sur les mouvements de l'eau et de l'air qui en furent la conséquence, et qui, réunies dans son Traité d'hydraulique avec tout le corps de cette science si précieuse, formeront ainsi le plus positif, le plus durable sans doute de ses titres scientifiques.

---

(1) Témoin un passage remarquable du 1er volume, page 350 de la 1re édition, page 344 de la 2e.

En 1817, le conseil municipal de Toulouse, dont M. d'Aubuisson faisait dès lors partie, décida que pour ne point laisser périmer faute d'emploi un legs de 50.000 francs fait par l'ancien capitoul Lagane, une somme importante serait consacrée à la création et à l'alimentation de fontaines qui devaient distribuer des eaux limpides dans toute la ville. Ce luxe des eaux, ce luxe vital des grandes cités, pour lequel les anciens se montraient d'une prodigalité si magnifique et d'une si grande hardiesse de travaux, la ville de Toulouse, riveraine d'un grand fleuve, ne le possédait pas encore. A diverses époques, plusieurs tentatives avaient été faites, plusieurs projets présentés, soit pour amener dans la ville des sources voisines, soit pour dévier à grands frais des affluents de la Garonne, la Garonne elle-même ou l'Ariége : mais la science et l'art avaient échoué, les moyens du moins avaient été insuffisants ou les dépenses jugées hors de proportion avec les ressources de la cité. M. d'Aubuisson, appelé à délibérer sur ce sujet si important pour la ville dans les conseils de laquelle il était entré, saisit du premier coup d'œil le parti que l'on pouvait tirer de la grande masse d'eau courante qui en baigne les murs, et qui devait fournir à la fois et la matière alimentaire des fontaines et la force motrice nécessaire pour l'élever et la répandre. Cette idée si simple et si féconde n'était cependant encore que celle du petit nombre : M. d'Aubuisson l'étudia avec l'habileté d'un praticien, la réduisit par le calcul à ses termes les plus simples; sûr alors de ses avantages et saisissant cette conviction avec la vigueur d'esprit qui lui était ordinaire, il la défendit dans le conseil avec une persévérance et

avec une lucidité de discussion qui lui donna enfin le succès. Il raconte les circonstances de cette discussion dans son *Histoire des fontaines de Toulouse*, petit ouvrage (1) qu'il écrivit pour la ville en 1828, et qui est précieux, si je puis ainsi parler, par une sorte de simplicité naïve, mais pleine de force, qui semble rappeler particulièrement la manière d'écrire de Saussure. Ce petit écrit, qui est surtout consacré à la description détaillée des travaux et des dépenses de l'établissement des fontaines et à celle de leur système alimentaire, retrace aussi la suite des délibérations et des essais qui en ont amené l'exécution définitive. Sous ce rapport il ne fournit pas seulement matière à l'étude des savants et des praticiens, il peut offrir aussi quelque intérêt à tous ceux qui ont à s'occuper des intérêts généraux des cités. Ils pourront y reconnaître particulièrement, ce que montrent tant d'autres exemples, de combien peu dépend souvent dans les assemblées délibérantes le sort des projets les plus importants : dans la séance du conseil municipal où l'on décida de l'opportunité de cette grande mesure de l'établissement des fontaines et presque implicitement de son mode d'exécution, si clair et et si simple, les avis furent tellement partagés que la voix prépondérante du maire, M. de Bellegarde, fut nécessaire pour empêcher l'ajournement indéfini. Et cependant le

(1) Il fait partie des mémoires de l'Académie de Toulouse, t. II, 1830. Beaucoup plus tard, en 1840, sur l'invitation pressante qu'il en reçut, M. d'Aubuisson fit un petit extrait de ce travail pour les Annales des ponts-et-chaussées ; mais cet extrait, fort court et fort pâle, ne renferme absolument que les résultats économiques de l'établissement des fontaines.

conseil municipal de Toulouse renfermait alors ce qu'il y avait de plus élevé dans la ville par la fortune, la position, l'influence, et plusieurs des personnages qui le composaient ont marqué dans nos annales politiques ; c'étaient certainement des esprits distingués, mais ce n'étaient pas des hydrauliciens, et M. d'Aubuisson dut enlever leur conviction et leur suffrage, détruire des objections spécieuses et des craintes qu'il était facile d'inspirer à des esprits généralement étrangers aux sciences. Heureusement pour la ville, il y réussit, et nous ne nous serions point du reste arrêté sur ces détails, si nous n'avions eu à cœur de montrer qu'il ne possédait pas seulement le jugement et la sagacité d'un savant, mais encore ce talent assez rare de présenter ses idées sous un jour vif et lucide, qui emporte et force pour ainsi dire les convictions.

Il ne s'agissait pourtant, dans l'exécution de ce projet, nous avons besoin de le dire, d'aucun avantage personnel pour M. d'Aubuisson; quoiqu'il assumât une responsabilité grave et qu'il se donnât une occupation longue et importante, car il devait être l'âme de l'exécution du projet comme il l'avait été de sa délibération, il n'en voulait tirer d'autre bénéfice que la satisfaction d'être utile, satisfaction toute personnelle; car il savait dans l'intérieur de son âme qu'il n'y a point de fond à faire sur la reconnaissance des cités, et que l'on est vite oublié lorsque le bien est accompli. Quoi qu'il en soit, ce grand projet fut immédiatement mis à l'étude et son exécution complétée au bout de dix années, ce qui peut paraître aujourd'hui un terme assez long, mais les revenus de la ville n'étaient ainsi grevés pour l'avenir d'aucun engagement, il y avait économie réelle à ne point se

servir de la ressource du crédit et l'on subordonna à cette économie l'impatience de jouir; c'était le système d'alors. Nous ne nous arrêterons point du reste sur le détail des constructions, que M. d'Aubuisson lui-même a trop bien retracé dans son *Histoire des fontaines de Toulouse* (1); qu'il nous suffise de rappeler qu'après avoir présidé à l'adoption et à l'exécution du meilleur mode de moteur hydraulique, après avoir constamment soutenu de ses conseils l'habile mécanicien qui en avait l'entreprise, il se chargea particulièrement lui-même de tout ce qui concernait la distribution d'eau dans la ville : à cet effet, sans dédaigner de recourir à de nouvelles études, il se rendit à Paris pour y examiner l'ensemble et le détail des pro-

(1) Comme peu de personnes ont entre leurs mains l'*Histoire des fontaines*, il a paru convenable que nous indiquions ici en quelques mots le système hydraulique de Toulouse.

L'eau de la Garonne en fournit le moteur et l'aliment. L'eau motrice est amenée directement sur les machines, placées à 45^{m} de la rivière ; la partie destinée à être distribuée dans la ville est seule filtrée, sa quantité est de 200 pouces, elle pourrait aller à 250 pouces ou 100 litres par habitant en 24 heures. Elle est filtrée par son lavage à travers un banc de sable qui forme en ce point le bord du fleuve, et qu'il y a accumulé depuis moins d'un siècle en amont du pont (sans doute par suite de sa constrution même) : des galeries à parois perméables ont été ménagées dans ce banc, à 1 mètre au-dessous de l'étiage et sur un développement de près de 400 mètres : elles déversent l'eau limpide dans un réservoir d'où elles sont élevées dans un château d'eau par les machines à 20 mètres au-dessus du niveau des eaux moyennes du fleuve et à 6 mètres au-dessus du point culminant de la ville. Ces machines consistent en deux équipages de pompes indépendants, formés de quatre pompes chacun et mené chacun par une roue hydraulique. Ces pompes sont aspirantes

cédés de distribution, mais au retour il en fit une question toute neuve par ses expériences et ses recherches sur les pertes de charge dans le passage de l'eau à travers les conduites et leurs branchements, sur la réduction que l'on pouvait faire éprouver à l'épaisseur des conduites habituellement employées et la grande économie qui en résulta ; enfin il mit une telle justesse dans ses calculs, tant sur la dépense de distribution d'eau que sur la dépense financière, que non-seulement toutes les parties de la ville furent largement pourvues d'une eau fraîche et limpide, mais qu'en outre, sur une somme totale de plus d'un million, il n'y eut pas erreur de 10.000 francs dans le devis préalable.

---

et foulantes, à piston plein en cuivre poli, de l'espèce dite *plungers* par les Anglais, passant à travers une boîte à cuir fixe ; elles sont solidaires deux à deux à l'extrémité d'un même balancier, pour régulariser le jeu de la force motrice. Les deux moteurs sont des roues hydrauliques à aubes planes encastrées dans un coursier ; leur diamètre est de $6^m,50$, leur largeur de $1^m,50$, l'eau y est donnée à $1^m,45$ au-dessus de leur point le plus bas et s'écoule par un canal de fuite souterrain qui va déboucher à un quart de lieue de là dans un ravin. La chute totale de l'eau au-dessus du fond des roues est de $2^m,20$, et la quantité qui s'en dépense est d'environ 1 mètre cube 1/2 par seconde. Les 200 pouces d'eau filtrée sont distribués dans la ville par 91 bouches, dont six fontaines monumentales, au moyen d'un développement de tuyaux en fonte de 11.500^m, dont 1.300^m doubles ; leur diamètre varie de 27 à 5 centimètres ; sans le doublement, les principaux auraient dû avoir près d'un demi-mètre. Leur épaisseur est comprise entre 15 et 10 millimètres.

La dépense totale d'un million se divise à peu près en deux parties égales. 500.000 francs pour les machines, château d'eau, filtrage et canaux afférents ; 500.000 fr. pour la distribution.

Au reste, dans son *Histoire des fontaines*, M. d'Aubuisson est loin de s'accorder une part trop large dans cette œuvre importante, et il en dit moins que nous à cet égard; toujours vrai, il se plaît à rendre justice à tous, aux membres du conseil municipal ses collègues, à ceux de la commission des eaux, à ses adversaires mêmes; à l'habile mécanicien M. Abadie, aux enseignements qu'il avait reçus de MM. Girard, Mallet et Égault, ingénieurs des eaux de Paris, enfin aux avis du conseil des ponts et chaussées et du vénérable M. de Prony, qui, par ses judicieuses idées sur la meilleure disposition à donner aux roues hydrauliques, procura une notable économie dans la dépense d'eau motrice et dans la dimension du canal de fuite. Enfin, nous ne quitterons point ce sujet sans rappeler que tous ces soins, ces travaux de dix ans, cette direction donnée par un ingénieur de haut mérite et d'une conscience à toute épreuve, ne coûtèrent absolument rien à la ville, et ce dévouement si désintéressé lui profita plus, sans aucun doute, que le don posthume du capitoul Lagane, perpétué par elle sur un marbre monumental. En cela, M. d'Aubuisson suivait tout naturellement la noble impulsion de ses sentiments habituels, et il ne lui vint pas même à l'idée de faire valoir aux yeux de ses concitoyens son dévouement civique : il travaillait, disait-il, comme conseiller municipal, ajoutons comme ami de la science. Aussi ne lui fut-il pas même décerné un remercîment public; je me trompe, deux ans après que les premières gerbes d'eau furent lancées du haut du château d'eau sur la ville en fête, et un an après l'achèvement de tous les travaux, M. d'Aubuisson ne fut plus choisi pour

ces fonctions de conseiller municipal dont il avait ainsi compris les devoirs et qui alors étaient devenues électives.

J'ai dit que le projet des eaux de Toulouse était un grand projet; ce n'est pas, sans doute, en le mesurant sur son importance matérielle et le chiffre des dépenses, mais en ce que, par la simplicité de sa conception, la netteté de son exécution, l'absence de tout embarras d'entretien pour l'avenir, la nouveauté et la beauté de son mode de filtrage naturel, il a fait pour ainsi dire époque dans les constructions de ce genre et a produit par son exemple plusieurs autres fondations semblables, résultat si important pour l'assainissement et le bien-être des populations, qui tendent de plus en plus à s'agglomérer dans les villes. Je pourrais dire aussi que ce travail a été grand encore par ses résultats pour la science, tant à cause des recherches et expériences faites personnellement à son occasion par M. d'Aubuisson, principalement sur le mouvement de l'eau dans les conduites, que pour celles qui ont été faites sous son inspiration et par les moyens qu'il avait fournis. Toujours guidé, en effet, par un but d'utilité scientifique, il avait pensé à diriger les constructions hydrauliques de la ville de manière à les rendre propres à des expériences très-précises et variées sur les propriétés de l'eau en mouvement. Naguère, en Piémont, l'on avait construit une tour spécialement destinée à des expériences de ce genre : or une simple modification accessoire du château d'eau de Toulouse donnait à M. d'Aubuisson le moyen peu coûteux de lutter en ce genre, non sans avantage, avec la magnificence d'un prince. Cette disposition, dont il eut l'idée, lui permit,

avec l'aide et la coopération active d'un homme dont il avait su démêler le mérite modeste et qu'il avait entièrement formé, M. Castel, d'exécuter ainsi une série d'expériences sur la dépense d'eau par des déversoirs et des ajutages sous diverses charges, expériences précieuses par la précision de leurs résultats, et dont M. le colonel Poncelet, son savant ami, est venu encore consacrer l'importance en y ajoutant le concours de ses expériences propres et de son mérite si élevé.

Cependant les recherches scientifiques n'absorbaient pas M. d'Aubuisson tout entier; il faut l'avoir connu familièrement pour apprécier comment son esprit vif et fin savait étendre le cercle des idées, et son imagination s'élever bien souvent au-dessus des froideurs de la science. Excepté les superfluités, rien ne lui était absolument étranger dans le domaine de l'intelligence, et pendant l'époque particulièrement où nous venons de le suivre comme savant, jamais il n'est resté en dehors du mouvement général des esprits et des affaires. En 1825, il publiait, ou du moins distribuait à ses amis un petit ouvrage qui ne manquait ni de portée politique ni de mérite littéraire, sous le titre de *Considérations sur l'autorité royale et sur les administrations locales*. Nous le trouvons, et nous ne sommes point seul à penser ainsi, remarquable par un certain nerf de pensée et de style, et par cette maturité, cette loyauté de vues, si désirables et peut-être trop peu communes dans toutes les œuvres d'actualité politique. Nous n'en voulons rien dire de plus, désireux de revenir aux travaux qui doivent nous occuper spécialement, ceux du savant.

Les questions hydrauliques dont nous venons

de parler avaient porté, en effet, l'esprit de M. d'Aubuisson vers un ordre de recherches qui était trop en harmonie avec ses goûts et son aptitude scientifique pour qu'il ne les conduisît pas aussi loin que possible : il savait y diriger toutes les occasions que lui fournissaient, non-seulement les travaux de son choix, mais encore ceux de son service d'ingénieur. Telle a été, du reste, l'habitude de toute sa vie; il n'a vu, dans chaque application particulière qu'il était appelé à faire de la science, qu'un moyen d'arriver à quelque résultat d'une portée plus générale. Nous en trouvons un nouvel exemple dans une série précieuse de recherches que M. d'Aubuisson faisait marcher de front avec le grand travail des eaux de Toulouse : elles ont le mérite d'appartenir à une branche particulière de la dynamique des fluides que M. d'Aubuisson a pour ainsi dire expérimentalement créée, c'est celle qui a rapport aux mouvements de l'air. Déjà en 1824 il s'occupait d'un travail expérimental sur des machines soufflantes fort curieuses, en usage surtout dans les Pyrénées, les *trompes*, où l'eau seule, par sa chute rapide dans un canal vertical, dans un arbre creusé, aspire l'air et le refoule. En 1825, il eut à faire disposer aux mines de Rancié une conduite d'air de 400 mètres de longueur; pour un autre ingénieur, peut-être, ce n'eût été tout simplement que l'aérage artificiel nécessaire au percement d'une grande galerie souterraine; pour lui, le champ s'agrandissait; c'était une nouvelle branche de l'hydrodynamique, non développée, non expérimentée encore, qui s'ouvrait à ses yeux; c'était un nouveau moyen d'éclairer la science dans une de ses plus précieuses applications. Il ne pouvait cependant en entrevoir

toute la portée dans l'avenir; il ne lui était pas donné d'entrevoir, par exemple, qu'un jour peut-être l'emploi de la propulsion atmosphérique dans la circulation sur les voies de fer pourrait donner aux modestes expériences de Rancié l'application la plus étendue, et, pour me servir d'une expression du jour, une portée humanitaire. Beau privilége, en effet, des travaux scientifiques, leur pouvoir ne connaît ni le temps ni l'espace; il se fortifie de ce qui amoindrit tous les autres.

L'établissement de cette longue conduite d'air fut donc l'occasion d'une nombreuse série d'expériences, faites de concert avec M. l'ingénieur Marrot, et qui portaient sur la valeur générale de la pression et de la dépense de l'air à l'extrémité d'une conduite, en fonction de sa longueur, de son diamètre et de la pression à l'entrée; sur les variations que ces valeurs éprouvent, soit par l'effet des coudes brusques, soit en terminant la conduite par des orifices en minces parois de divers diamètres ou par des ajutages coniques plus ou moins semblables aux buses des machines soufflantes, etc., etc. Elles fournissent des résultats précieux à la fois par la simplicité de leurs formes et par la précision de leur application pratique, comme M. d'Aubuisson lui-même l'a vérifié en les appliquant numériquement à une quantité considérable de machines. Au reste il a publié tous ces travaux avec détail dans les Annales des mines, années 1826 et suivantes, et les a résumés plus tard dans son *Traité d'hydraulique*.

La dernière de ces publications fut faite en 1829; M. d'Aubuisson venait de livrer à la ville de Toulouse le grand travail de distribution d'eau auquel il avait donné ses soins plus ou moins directs de-

puis dix ans, et aux savants il donnait aussi alors son Traité du mouvement de l'eau dans les conduites, qu'il refondit plus tard dans un ouvrage plus général. L'époque de 1830 arrivait; la vie toute utile, toute scientifique de M. d'Aubuisson, la libéralité d'esprit qu'il savait unir à la chaleur de ses principes, son absence d'ambition, les services éminents enfin qu'il avait rendus à la ville, donnaient lieu d'espérer qu'en dehors de toute pensée politique il pourrait être appelé à lui en rendre encore comme conseiller municipal : il n'en fut point ainsi; naturellement enveloppé dans la déchéance du conseil dont il avait fait partie, M. d'Aubuisson n'était pas homme à rechercher des suffrages pour y revenir; il sentit que le moment était venu où son rôle d'homme public et son influence dans les affaires de la ville devaient cesser. Il en profita pour sa tranquillité et pour se livrer avec une plus entière abstraction à ses études favorites. La science devait gagner à ce laborieux repos; ce fut l'époque en effet où il composa son Traité d'hydraulique destiné à résumer, en outre de ses propres recherches, l'ensemble des connaissances les plus générales et les plus précises sur les mouvements de l'eau et de l'air et sur le calcul de l'effet des machines que ces deux éléments mettent en jeu. Ce fut son dernier ouvrage; c'est aussi, nous le croyons, son ouvrage capital, son titre sans doute le plus positif et le plus durable à la reconnaissance des savants et des praticiens. Il serait superflu de parler avec détail du Traité d'hydraulique, l'éloge même ici serait superflu : tous les ingénieurs ont ce livre entre leurs mains, et il sera longtemps leur guide. Ils y aimeront toujours cette clarté d'exposition

qui vivifie et colore les matières les plus arides, illumine les plus obscures; ils y aimeront cette simplicité du calcul qui va pour ainsi dire au-devant des efforts de l'esprit au lieu de l'embarrasser; ils y aimeront aussi cet asservissement de la théorie à l'expérience, et cette richesse, cette puissance des faits qui dominait toujours dans les écrits de l'auteur. Ajoutons enfin que dans ce traité, qui embrasse toutes les parties d'une science si difficile, ils trouveront M. d'Aubuisson partout, car sous les points de vue les plus divers qu'embrasse la dynamique des fluides, ses expériences propres ont agrandi le champ de la science.

Telle fut l'occupation dans le cercle de laquelle M. d'Aubuisson enferma pendant cinq ans les loisirs de sa vie, et qui plus tard en occupa encore les derniers moments. Il avait tout à fait abandonné la géologie. « Vous savez, écrivait-il à un » ami, en 1829, vous savez que je suis presque un » transfuge en fait de géognosie...... Au reste, » ajoutait-il, transfuge n'est pas le mot..... ce n'est » pas moi qui quitte la géologie, c'est elle qui m'a » quitté; pendant que je m'occupais de mines et » de *tuyaux de conduite*, elle marchait, et lors» que j'ai voulu me remettre après elle, je n'ai » plus eu assez d'activité pour la rejoindre » Il se plaint ensuite de la voie où était entrée alors cette science, et ajoute que son esprit est bien plus satisfait des occupations physico-mathématiques, soit par elles-mêmes, soit par leurs résultats positifs et utiles dans l'application..... En cela, M. d'Aubuisson ne s'apercevait point peut-être que le travail de son esprit, qui l'éloignait de la géologie, n'était autre que le travail de l'âge. La géologie est une science de jeunesse, non-seule-

ment par l'activité qu'elle exige, mais encore en ce qu'elle touche à l'imagination; il faut que l'imagination y ait sa part. Mais il vient un âge où l'on n'aime plus à se jeter dans le champ des possibles, parce qu'on n'a plus, hélas! que peu d'espace à parcourir soi-même ici-bas; le goût des études plus positives envahit alors l'intelligence : on agit plus utilement ainsi, parce que surtout on suit en cela les indications de la nature. C'est ce que fit M. d'Aubuisson en se renfermant tout entier dans ses travaux de physique mathématique, où il avait su mettre une si heureuse et si habile précision.

Ce fut là le bonheur de ses derniers jours. En vain l'administration supérieure, plus libérale que ses concitoyens, lui offrit-elle de récompenser ses travaux et d'utiliser plus dignement ses lumières par le grade d'inspecteur général et un siége au conseil des mines. Il fallait quitter ses habitudes, dire adieu à une grande partie de sa famille et de ses amis; M. d'Aubuisson n'était déjà plus jeune, il récusa cet honneur. Allié par un mariage, modeste d'ailleurs sous le rapport de la fortune, à une famille distinguée du pays, son mérite, les agréments de son esprit et la loyauté de son caractère lui avaient créé de précieuses et douces relations dans sa ville natale; il y jouissait enfin de cette considération personnelle et de cette gratitude que les gens sages ne pouvaient refuser aux services qu'il avait rendus. Bienveillant lui-même, d'un cœur ouvert, d'un esprit fin, d'un commerce agréable et facile, toujours prêt à donner les conseils de son savoir et de son expérience, il s'était attaché de bons et solides amis, qu'il désirait ne plus quitter. Sans enfants à son grand regret, mais

reportant sur des nièces et des sœurs ces soins tout paternels et cette affection intime de la famille que ses habitudes simples et patriarchales lui rendaient comme nécessaires, il se renferma dès lors dans ce cercle en apparence étroit, mais que les affections du cœur et les travaux de l'esprit savent étendre. Il vécut, dans le silence du cabinet et dans le calme de la science, au-dessus des agitations ambitieuses des hommes; il y vécut heureux. Car il y a, et cela est bon à dire, il y a une dignité propre dans la science, qui peut suffire à ceux qui la cultivent.

M. d'Aubuisson atteignit ainsi doucement le terme de sa carrière, ne regrettant qu'une chose, c'est que le travail lui fît défaut. Sa dernière occupation sérieuse fut la seconde édition de son *Traité d'hydraulique*, qu'il améliora encore notablement, et il eut ainsi la consolation de pouvoir mettre la dernière main à ce précieux ouvrage. Lorsque le moment approcha où la volonté de Dieu devait le retirer de ce monde et l'enlever à l'attachement de ses amis, il eut comme un pressentiment de sa fin prochaine, et sentant pour un moment revivre son activité, il voulut parcourir encore une fois, dans son arrondissement d'ingénieur en chef, tous les établissements que ses conseils avaient contribué à faire élever ou prospérer, toutes les exploitations dont il avait suivi et favorisé le progrès. Partout il faisait des adieux et cependant son activité ne nous avait jamais paru plus grande; mais quelques jours après sa rentrée, un affaiblissement général, qui attaqua d'abord la vue et à cause de cela le remplissait de tristesse, s'étendit bientôt à tout son être; il ne s'en releva plus. A ses derniers moments toutefois et quand

il vit le terme approcher, il recouvra toute sa sérénité et la force ni la tranquillité de son esprit ne se démentirent point. Ce fut le 21 août 1841 ; le vénérable archevêque de Toulouse avait voulu lui administrer lui-même les secours de la religion ; il mourut avec la tranquillité de l'homme de bien, avec la satisfaction de celui qui regardant en avant voit s'ouvrir un avenir meilleur, et qui, jetant les yeux en arrière sur quelque bien qu'il a fait, sur quelques œuvres utiles qu'il laisse encore après lui, peut se dire comme autrefois le grand poëte :

Non omnis moriar.

JURISPRUDENCE DES MINES;

Par M. DE CHEPPE, maître des requêtes, chef de la division des mines.

MINES. — PATENTES.

Il n'y a point lieu au droit de patente, à raison de la conversion de la houille menue en coke.

La compagnie des mines de houille de Chaney, département de la Loire, ayant été imposée à la patente à raison de la conversion en coke des houilles menues qu'elle extrait de sa concession, avait demandé le dégrèvement de cet impôt; cette demande fut rejetée par un arrêté du conseil de préfecture, du 17 février 1843. Elle a attaqué cet arrêté devant le conseil d'Etat.

Son pourvoi était fondé principalement: 1° sur ce que l'exploitation des mines étant soumise à des charges spéciales, on doit interpréter dans le sens le plus large l'article 32 de la loi du 21 avril 1810 (1), en dispensant de la patente un concessionnaire qui transforme un produit brut d'une vente difficile en un autre produit qu'il peut vendre facilement; 2° sur ce que les mines peuvent être assimilées aux exploitations agricoles, de telle sorte que le concessionnaire doit avoir la faculté d'élaborer les matières qu'il extrait, comme le propriétaire foncier a le droit de manipuler les récoltes et fruits provenant de ses propriétés.

M. le ministre des finances, conformément à l'avis du conseil d'administration des contributions directes, a conclu au rejet du pourvoi, par les motifs : 1° que la loi de 1810, en déclarant l'exploitation des mines non sujette

(1) Loi du 21 avril 1810, art. 32 : « L'exploitation des mines n'est pas » considérée comme un commerce et n'est pas sujette à patente. »

à patente, a créé en faveur de cette industrie un véritable privilége qui doit être entendu dans le sens le plus restreint et qui ne doit s'appliquer qu'à l'exploitation proprement dite et à la vente des produits tels qu'ils sont extraits; 2° qu'on ne saurait admettre d'analogie entre les produits d'une mine et les récoltes et fruits pour la manipulation desquels la loi a prononcé en faveur des propriétaires du sol l'exemption de la patente; 3° qu'il ne résultait point d'ailleurs des documents produits que la transformation de la houille menue en coke fût indispensable pour assurer la vente de cette houille, et que la compagnie de Chaney n'eût pas pour but de créer ainsi des bénéfices distincts de ceux de l'exploitation.

Le conseil général des mines, consulté sur cette affaire, a exprimé une opinion contraire à celle du département des finances. Il a fait remarquer que la houille menue étant sujette à s'enflammer spontanément, et pouvant, lorsqu'on la laisse dans l'intérieur des mines, occasionner des incendies qui auraient des conséquences graves, l'administration elle-même obligeait les concessionnaires à l'extraire de leurs mines en totalité; qu'en général, et dans le département de la Loire surtout, où il y a beaucoup de houille menue, on ne pouvait tirer un parti utile de ce combustible qu'en le convertissant en coke; que dès lors, et pour dédommager les exploitants des obligations qu'on leur impose, il semblait juste de faciliter autant que possible une fabrication qui met à la portée du consommateur des produits importants qui, sans cela, seraient perdus; que l'analogie invoquée par la compagnie de Chaney entre la fabrication du coke et la manipulation des récoltes et fruits pouvait être admise; qu'en effet, la fabrication du charbon de bois par le propriétaire de forêts, et celle du coke ou charbon de houille par le concessionnaire de mines de houille, ont notamment un rapport assez direct. Le conseil des mines ajoutait d'ailleurs que si on ne soumettait pas à la patente le concessionnaire de mines qui convertit la houille en coke, il conviendrait d'apporter une modification à l'assiette de la redevance proportionnelle, en ce qui concerne cette houille. Cette redevance devant être réglée d'après la valeur des produits, dont l'extraction et la vente ne sont pas considérées comme un commerce, aux termes de l'art. 32 de la loi du 21 avril 1810, la redevance sur cette partie des produits

de la mine devrait être basée sur la valeur du coke obtenu, en tenant compte des frais de fabrication, et non sur la valeur de la houille menue; le trésor trouverait dans l'accroissement de la redevance proportionnelle ainsi déterminée une compensation à ce que la suppression de la patente lui ferait perdre.

M. le Ministre des travaux publics n'a point partagé l'avis du conseil général des mines. Il a observé d'abord que « la combinaison indiquée par le conseil, en ce qui concerne la redevance proportionnelle, ferait revivre, en ce qui concerne la houille, des dispositions qu'on a cru devoir modifier à l'égard du minerai de fer. On percevait, quant à ce dernier, la redevance proportionnelle sur la valeur de la fonte obtenue. Cela avait donné lieu, dans la pratique, à beaucoup de difficultés. On est rentré, il y a quelques années, dans l'ordre naturel des choses. La redevance proportionnelle est établie sur la valeur du minerai dont l'extraction n'est point un commerce, aux termes de la loi, et le maître de forges qui traite ce minerai est soumis à une patente, parce que ce traitement est une industrie.

» Si la houille menue ne donne point par elle-même un revenu net au concessionnaire, il n'y a pas lieu de faire payer une redevance proportionnelle, puisque celle-ci n'est que la conséquence d'un revenu net constaté; mais soit qu'il y ait ou non matière au paiement de la redevance, la fabrication du coke est une chose tout à fait distincte de l'extraction de la houille, et la patente est due parce que c'est là une industrie particulière, l'élaboration d'un produit dont l'extraction seule est affranchie du droit de patente.

» Quel que soit l'intérêt que puisse inspirer la situation d'un concessionnaire de mine, c'est dans l'intention réelle de la loi sur les mines, disait le Ministre, qu'il faut chercher les raisons de décider la question qui se présente ici. Or, cette intention ne paraît nullement douteuse, le texte de l'art 32 l'indique assez : « L'exploitation des mines, dit » cet article, n'est pas considérée comme un commerce, » et n'est pas sujette à patente. » Il n'y a rien de plus clair, rien de plus précis; de quoi s'agit il? de l'*exploitation*. Les analogies sur lesquelles on s'appuie, et qui pourraient être contestées sous plus d'un rapport, sont ici sans valeur, parce qu'en matière de mines il existe une législa-

tion spéciale qui a parfaitement distingué ce qui doit l'être.

» Le traitement de la houille pour en faire du coke est tellement distinct de l'exploitation, que les fours à coke ne peuvent être établis sans autorisation, pas plus que les usines dans lesquelles le minerai de fer est élaboré. D'un côté comme de l'autre ce sont des choses qui ne doivent pas être confondues : la redevance proportionnelle, quand il y a lieu, sur le produit extrait de la mine, la patente sur l'industrie qui l'élabore.

» Quand l'administration a prescrit d'enlever des mines toute la houille menue, elle l'a fait par des motifs de sûreté publique impérieux. C'est une obligation inhérente aux concessions, tout à fait indépendante de la destination que les concessionnaires veulent, en s'y conformant, donner à ce produit. Elle doit toujours être remplie, quelle que soit la chance qui en résulte pour eux. On comprend très-bien qu'ils cherchent à s'indemniser de la dépense que cette obligation leur cause; mais ce ne saurait être une raison pour subordonner l'exécution de la loi à ces dispositions de l'intérêt privé, et pour l'interpréter contrairement à son esprit et à son texte, dans la vue d'opérer au profit du concessionnaire une sorte de compensation qu'elle n'autorise pas.

» On a invoqué à l'appui du pourvoi une ordonnance du 7 juin 1836. La question qui a été décidée par cette ordonnance n'a rien de commun avec l'affaire actuelle. Dans l'espèce sur laquelle il a été statué alors par le conseil d'Etat, conformément à l'avis de l'administration des mines, plusieurs concessionnaires avaient organisé dans un entrepôt commun la vente des produits de leurs mines; y avait-il dans ce fait acte de commerce? L'article 32 de la loi du 21 avril 1810 cessait-il d'être applicable? évidemment non. Que la vente des produits extraits se fît sur le carreau de chaque mine ou dans un lieu commun à plusieurs mines, c'était toujours un produit de l'*exploitation*. Dès lors il n'y avait point lieu à patente. Dans l'affaire actuelle, il ne s'agit plus d'une simple exploitation, mais bien de la fabrication d'un produit nouveau avec le produit de la mine. Cette fabrication est tout à fait en dehors de l'art. 32 cité ci-dessus. Elle devrait ainsi être assujettie à la patente. »

Le Ministre a pensé, par les considérations qui précèdent,

que le pourvoi formé contre l'arrêté du conseil de préfecture de la Loire devait être rejeté.

Le conseil d'Etat a jugé que la conversion en coke opérée par la compagnie de Chaney des charbons tirés de ses mines n'est qu'un mode de l'exploitation desdites mines; qu'ainsi, et d'après l'art. 32 de la loi de 1810, cette compagnie n'aurait pas dû être imposée à la patente. Il a été statué en ce sens par une ordonnance du 21 janvier 1847(1) qui a annulé l'arrêté de conseil de la préfecture de la Loire, du 17 février 1843, et accordé décharge des droits de patente auxquels la compagnie avait été assujettie.

Mines. — Carrières.

L'exploitant d'une carrière, qui, nonobstant la défense portée par le décret du 3 *janvier* 1813 *et par un règlement spécialement applicable à la localité, emploie dans ses travaux des enfants âgés de moins dix ans, est passible des peines prononcées par la loi du* 21 *avril* 1810.

Une ordonnance royale, en date du 2 décembre 1844, a soumis à des dispositions réglementaires l'exploitation des carrières de pierres à bâtir du département de la Gironde. L'une de ces dispositions porte que, conformément à ce qui est prescrit par l'article 29 du décret du 3 janvier 1813, aucun enfant âgé de moins de dix ans accomplis ne pourra être employé dans les travaux des carrières exploitées souterrainement.

M. l'ingénieur en chef des mines a constaté, dans une tournée d'inspection, que la prescription dont il s'agit n'était pas exactement observée. Un procès-verbal fut dressé notamment contre le sieur Michel Roy, ouvrier chef à la carrière dite d'*Eyquem*, lequel occupait sa fille, âgée de moins de dix ans, au roulage intérieur des pierres extraites, et tolérait que d'autres ouvriers fissent aussi travailler des enfants au-dessous de cet âge dans la même exploitation.

Le sieur Roy ayant été, à raison de ces faits, traduit en police correctionnelle, le tribunal de première instance de l'arrondissement de Blaye a rendu, le 28 mai 1846,

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 723.

sur les conclusions de M. le procureur du roi, un jugement dont la teneur suit :

« Attendu que la loi du 21 avril 1810 place l'exploitation des mines et des carrières sous la surveillance du gouvernement; que ce droit de surveillance emporte celui de faire des réglements dont l'observation est prescrite par l'article 81 de cette loi comme celle de la loi elle-même, et que les articles 93 et 96 punissent d'une amende, dont le minimum est fixé à cent francs et le maximum à cinq cents francs, toute contravention à ces règlements;

» Attendu que le décret du 3 janvier 1813, portant règlement général sur l'exploitation des mines et minières, défend expressément d'y laisser travailler des enfants au-dessous de dix ans; que l'ordonnance du roi, en date du 2 décembre 1844, portant règlement spécial pour l'exploitation des carrières du département de la Gironde, renouvelle cette défense dans son article 17, et dispose qu'aucun enfant de moins de dix ans accomplis ne pourra être employé dans les carrières exploitées souterrainement; qu'enfin les articles 42 et 43 prescrivent de poursuivre, conformément à la loi du 21 avril 1810, les contrevenants aux dispositions de ce règlement; d'où il suit que le fait d'employer, dans les travaux des carrières exploitées souterrainement, des enfants au-dessous de l'âge de dix ans, constitue une contravention aux dispositions des articles 29 du décret du 3 janvier 1813 et 17 de l'ordonnance du 2 décembre 1844, qui, aux termes des articles 93 et 96 de la loi du 21 avril 1810, doit être punie d'une amende de cent à cinq cents francs;

» Attendu qu'il résulte d'un procès-verbal rédigé par l'ingénieur en chef des mines, le 2 mai courant, que Michel Roy, directeur de la carrière d'Eyquem, commune de Bayon, appartenant à Viaud, a occupé au roulage intérieur des pierres extraites de cette carrière exploitée souterrainement, plusieurs enfants au-dessous de l'âge de dix ans; que des explications fournies par Michel Roy il résulte que sa fille Rose, qui n'a pas encore dix ans révolus, travaillait seule pour son compte, et que les enfants signalés dans le procès-verbal de l'ingénieur étaient employés par d'autres ouvriers, travaillant comme lui pour leur propre compte, avec l'obligation de vendre à Viaud, propriétaire de la carrière, pour un prix déterminé, les pierres par eux extraites;

» Attendu que, d'après ces explications, Roy se trouve en contravention au règlement, puisque, de son aveu, il a fait travailler à la carrière sa fille d'un âge au-dessous de dix ans; qu'aux termes du règlement il serait encore en contravention pour avoir souffert que des enfants au-dessous de cet âge fussent employés par d'autres ouvriers dans une carrière dont la direction et la surveillance lui sont confiées;

» Attendu que la contravention étant constante, Michel Roy doit être nécessairement condamné à l'amende portée par l'article 96 de la loi du 21 avril 1810, puisqu'il ne peut présenter aucune excuse capable de le disculper, et parce qu'il importe d'ailleurs de faire cesser, par une rigoureuse exécution des règlements, le déplorable abus qui est fait des forces des enfants dans l'exploitation des carrières de cet arrondissement, abus dont les résultats sont si souvent funestes pour leur santé;

» Le tribunal déclare Michel Roy coupable d'avoir employé au roulage intérieur des pierres extraites de la carrière souterraine d'Eyquem, appartenant à Viaud, Rose Roy, sa fille, âgée de moins de dix ans, et d'avoir souffert, en sa qualité de directeur et de surveillant de cette carrière, que d'autres ouvriers employassent aux mêmes travaux des enfants au-dessous de cet âge; pour réparation de quoi le condamne à cent francs d'amende et aux dépens, par application des articles 29 du décret du 3 janvier 1813, 17 et 43 de l'ordonnance du roi, du 2 décembre 1844, 93 et 96 de la loi du 21 avril 1810, dont lecture a été publiquement faite par le président, etc. »

D'après les articles 81 et 82 de la loi du 21 avril 1810, qui régit les substances minérales, les carrières sont assujetties à la surveillance de l'administration et à l'observation des règlements généraux ou locaux. Le décret du 3 janvier 1813, qui est relatif à la police souterraine en général, défend, par l'article 29, de laisser descendre ou travailler dans les exploitations les enfants au-dessous de dix ans. Cette interdiction a été reproduite dans l'article 17 de l'ordonnance royale du 2 décembre 1844, qui concerne spécialement les carrières de pierres à bâtir du département de la Gironde, et les exploitants qui l'enfreignent doivent être poursuivis et jugés conformément au titre X de la loi du 21 avril 1810 : cela est expressément

énoncé dans l'article 31 du décret de 1813 et dans l'article 43 de l'ordonnance de 1844.

Le jugement ci-dessus rapporté a donc fait une application à la fois nécessaire et juste des règles de la matière.

MANUFACTURES. — USINES. — FABRIQUES DE SEL. — CONTRIBUTION DES PORTES ET FENÊTRES.

Les fabriques de sel ne sont pas des manufactures, *mais des* usines, *et, comme telles, elles doivent être imposées à la contribution des portes et fenêtres, conformément aux dispositions de la loi du 4 frimaire an VII* (1).

Le sieur Naël a été imposé en 1844 à la contribution des portes et fenêtres à une somme de 9 fr. 12 c., pour douze ouvertures servant à éclairer sa fabrique de sel située dans la commune de Briscous, département des Basses-Pyrénées.

Il s'est pourvu devant le conseil de préfecture à l'effet d'obtenir un dégrèvement de cet impôt. Il se fondait sur ce que l'article 19 de la loi du 4 germinal an XI (2) accorde une pareille exemption aux manufactures.

La question était de savoir si une fabrique de sel était une manufacture ou bien une usine.

Le conseil de préfecture a accueilli la réclamation par arrêté du 23 novembre 1844. Il lui a paru que la fabrique du sieur Naël devait être considérée comme une manufacture, attendu que l'évaporation du sel dans les chaudières exigeait la main-d'œuvre de huit à dix ouvriers; que pour le transport de la matière première dans les chaudières, comme pour la surveillance relative au degré d'évaporation, la vidange des chaudières et la dernière préparation à donner au sel avant de le livrer au commerce, le tra-

(1) Loi du 4 frimaire an VII, article 2 : « Cette contribution est » établie sur les portes et fenêtres donnant sur les rues, cours ou jar- » dins, des bâtiments et *usines*, sur tout le territoire de la république. »

(2) Loi du 4 germinal an XI, article 19 : « Les propriétaires des *ma-* » *nufactures* ne seront taxés que pour les fenêtres de leurs habitations » personnelles et de celles de leurs concierges et commis. En cas de » difficultés sur ce que l'on doit considérer comme manufactures, il y » sera statué par le conseil de préfecture. »

vail de l'homme était l'agent principal de la fabrication.

M. le ministre des finances a attaqué, devant le conseil d'Etat, l'arrêté du conseil de préfecture. Il a fondé ce pourvoi sur ce que les établissements dans lesquels les produits sont fabriqués à la main doivent seuls être considérés comme des manufactures ; que le sel ignigène n'est pas à vrai dire fabriqué, mais bien ramené à l'état concret après l'évaporation du liquide dans lequel le muriate de soude était tenu en suspension ; que l'industrie et la main de l'homme n'ont rien à créer dans une pareille opération, etc.

L'arrêté du conseil de préfecture a été annulé par une ordonnance du 21 mai 1847 (1), portant que le sieur Naël sera rétabli sur le rôle de la contribution des portes et fenêtres de la commune de Briscous pour la somme à laquelle il y avait été porté.

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 732.

ORDONNANCES DU ROI

ET DÉCISIONS DIVERSES,

CONCERNANT

LES MINES, USINES, ETC.

Mines de lignite d'Estavar.

Arrêté du Ministre des travaux publics, du 17 *novembre* 1846 (1), *portant que les ayant-droit des sieurs* Cathelan *et* Fabre, *titulaires primitifs de la concession des mines d'*Estavar (Pyrénées-Orientales), *sont déchus de ladite concession.*

Le ministre secrétaire d'Etat des travaux publics,

Sur le rapport du sous-secrétaire d'Etat au même département,

Vu le décret impérial du 5 septembre 1806, portant concession aux sieurs Guillaume Cathelan et Raphaël Fabre du droit d'exploiter les mines de houille existantes sur le territoire de la commune d'Estavar, département des Pyrénées-Orientales, sur une étendue de 31 kilomètres carrés, 74 hectares;

L'acte notarié du 7 avril 1813, par lequel le sieur Fabre a cédé au sieur Cathelan sa part dans cette concession;

Les rapports des ingénieurs des mines, des 22 septembre 1832, 23 septembre et 11 décembre 1835, et l'avis du préfet, du 24 du même mois, dans lesquels il est exposé que les mines d'Estavar restent inexploitées;

La lettre du 20 mai 1841 du maire de la commune de Cascatel, faisant connaître que le sieur Denis Vialla, héritier du sieur Guillaume Cathelan, a cédé la propriété desdites mines au sieur Jean-Pierre Bernadac, par acte public passé devant Me Gandérique Bonaventure Félip, notaire à Prades, le 12 janvier 1830;

La lettre du préfet, du 30 novembre 1844, annonçant

(1) Cet arrêté a été omis dans le tome X, 4e série des *Annales*, qui contient les ordonnances et décisions diverses rendues pendant le 2e semestre de l'année 1846.

que toutes les recherches faites pour découvrir le domicile du sieur Bernadac sont restées sans résultat;

L'arrêté de ce magistrat, du 30 dudit mois, qui met en demeure le sieur Bernadac de reprendre les travaux d'exploitation ou de faire connaître s'il entend renoncer à la concession;

La signification faite par huissier de cet arrêté, le 26 décembre 1844, au sieur Bernadac, et déposée ledit jour au parquet du procureur du roi près le tribunal de première instance séant à Perpignan; le même exploit attestant qu'une copie en a été affichée à la principale porte de l'auditoire du tribunal, conformément à l'article 69, § 8, du code de procédure civile;

La lettre du maire d'Estavar, du 20 septembre 1845, constatant que lesdites mines continuent d'être inexploitées;

Le nouveau rapport des ingénieurs des mines, des 24 septembre et 13 octobre 1845, et l'avis du préfet, du 4 novembre, concluant au retrait de la concession pour cause d'inexploitation;

L'avis du conseil général des mines, du 24 juillet 1846;

Vu l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, ainsi conçu :

« Si l'exploitation est restreinte ou suspendue de manière à inquiéter sur la sûreté publique ou les besoins des consommateurs, le préfet, après avoir entendu le propriétaire, en rendra compte au ministre pour y être pourvu ainsi qu'il appartiendra. »

Vu l'article 10 de la loi du 27 avril 1838, portant :

« Dans les cas prévus par l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, le retrait de la concession et l'adjudication de la mine ne pourront avoir lieu que suivant les formes prescrites par l'article 6 de la présente loi. »

Considérant que les mines d'Estavar sont demeurées inexploitées depuis longues années;

Qu'il est du devoir de l'administration de prendre les mesures nécessaires pour que ces mines puissent être remises en valeur, leur inexploitation étant de nature à compromettre les besoins actuels des consommateurs;

Qu'il y a lieu dès lors de recourir aux dispositions prescrites par la loi précitée du 27 avril 1838;

Arrête ce qui suit :

Art. 1er. Les ayant-droit des sieurs Cathelan et Fabre, titulaires primitifs de la concession des mines d'Estavar,

aux termes du décret du 5 septembre 1806, sont déchus de ladite concession.

Art. 2. A l'expiration du délai de recours, ainsi qu'il est indiqué par l'article 6 de la loi du 27 avril 1838, il sera procédé publiquement, par voie administrative, à l'adjudication desdites mines, dans les formes prescrites audit article.

Art. 3. Le présent arrêté sera notifié, publié et affiché conformément à la loi, à la diligence du préfet des Pyrénées-Orientales.

S. DUMON.

PREMIER SEMESTRE 1847.

Mines d'antimoine du Collet de Dèze.
—
Mines d'antimoine et de plomb sulfuré de Saint-Michel de Dèze.

Ordonnance du 18 janvier 1847, portant rectification des articles 1 et 2 de l'ordonnance du 7 août 1822, qui a fait concession des mines d'antimoine du Collet de Dèze *et des mines d'antimoine et de plomb sulfuré de* Saint-Michel de Dèze (Lozère).

(Extrait.)

Art. 1er. Les limites des concessions du Collet de Dèze et de Saint-Michel de Dèze sont fixées ainsi qu'il suit :

Concession du Collet de Dèze, par une suite de lignes droites tirées du Pindédis à La Viale ; de La Viale à Chammaurel ; de Chammaurel au confluent du ruisseau de Sauve-Plane dans le Gardon ; de ce dernier point à Sauve-Plane ; de Sauve-Plane au Rey ; de Rey à Lherm ; de Lherm au confluent du ruisseau de Coste de Lherm dans le Gardonnet ; de ce confluent au Mas del Tour ; du Mas del Tour au château du Collet de Dèze ; de là au Saltran, et du Saltran à Pindédis, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quinze kilomètres carrés, dix-huit hectares, comprise dans les communes du Collet de Dèze, de Saint-Michel de Dèze et de Saint-Martin des Boubeaux.

Concession de Saint-Michel de Dèze : par une suite de lignes droites tirées du Pindédis à la Combe de Ferrière; de la Combe de Ferrière au Vert; du Vert à Pouset; de Pouset au Mazel; du Mazel au Mas del Tour; du Mas del Tour au château du Collet de Dèze; du château du Collet de Dèze au Saltran, et du Saltran au Pindédis, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de treize kilomètres carrés, six hectares, comprise dans les communes de Saint-Michel de Dèze, du Collet de Dèze et de Saint-Hilaire de Lavit.

Art. 2. Il n'est en rien dérogé aux autres dispositions de l'ordonnance du 7 août 1822, qui continueront à recevoir leur entière exécution.

Ordonnance du 21 *janvier* 1847, *portant annulation d'un arrêté du conseil de préfecture de la Loire, qui avait maintenu au rôle des patentes la Compagnie de* CHANEY, *à raison de la conversion de la houille menue en coke.*

Fabrication de coke. — Droit de patente.

Louis-Philippe, etc.,

Sur le rapport du comité du contentieux,

Vu les requêtes sommaire et ampliative à nous présentées par le directeur de la compagnie des mines de Chaney, lesdites requêtes enregistrées au secrétariat de notre conseil d'Etat, les 27 juin 1843 et 23 janvier 1844, et tendant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture de la Loire, en date du 17 février 1843, lequel a maintenu ladite compagnie aux droits de patente auxquels elle a été soumise, pour l'exercice 1842, en qualité de fabricant de coke;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les avis du maire, du contrôleur et du directeur des contributions directes;

Vu les observations de notre ministre des finances en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi; lesdites observations enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 18 avril 1844, et tendant au rejet des conclusions de la requête;

Vu le mémoire en réplique à nous présenté par le directeur de la compagnie des mines de Chaney; ledit mémoire enregistré au secrétariat de notre dit conseil, le 14 février 1845, et tendant aux mêmes fins que la requête introductive d'instance;

Vu la lettre de notre ministre des travaux publics au vice-président de notre conseil d'Etat, ladite lettre enregistrée comme dessus, le 30 avril 1846, et répondant à la communication qui lui a été donnée du pourvoi;

Vu toutes les pièces produites et jointes au dossier;

Vu la loi du 21 avril 1810, articles 32, 33.

Vu la loi du 1er brumaire an VII;

Ouï Me Fabre, avocat du requérant;

Ouï M. Cornudet, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant qu'aux termes des articles 32 et 33 de la loi du 21 avril 1810, l'exploitation des mines n'est pas considérée comme un commerce et n'est pas sujette à patente;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que la compagnie de Chaney se borne à convertir en coke les charbons tirés des mines dont elle est concessionnaire, et que cette opération n'est qu'un mode de l'exploitation desdites mines; d'où il suit que c'est à tort que le conseil de préfecture de la Loire a maintenu la compagnie de Chaney aux droits de patente auxquels elle a été imposée pour 1842;

Notre conseil d'Etat entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. L'arrêté du conseil de préfecture de la Loire, en date du 17 février 1813, est annulé.

Art. 2. Il est accordé décharge à la compagnie des mines de Chaney des droits de patente auxquels elle a été assujettie à Saint-Jean de Bonnefonds pour 1842.

Art. 3. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'Etat au département de la justice et des cultes, et nos ministres des finances et des travaux publics sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 21 janvier 1847, portant que le sieur Durand *est autorisé :* Tréfilerie, à Périgueux.

1° *A établir dans les bâtiments de la tréfilerie qu'il possède sur la rivière navigable de l'*Isle, *près et en amont du port de* Périgueux (Dordogne), *une usine à fer composée :*

De deux feux d'affinerie,

D'un four à puddler,

D'un four de chaufferie à la houille,

Des machines soufflantes et des machines de compression et d'étirage nécessaires à la fabrication du fer ;

2° *A employer les eaux dérivées de l'*Isle, *pour le service des diverses parties de son établissement.*

(Extrait.)

Art. 8. Il (le sieur Durand) sera tenu de se conformer aux dispositions qui seront ultérieurement arrêtées, en ce qui concerne la nature, la quotité et le mode de paiement des redevances que le trésor pourra répéter contre lui, pour prix de la jouissance des eaux de l'Isle.

Ces redevances seront dues à dater de la réception des travaux par les ingénieurs, ou au plus tard à partir de l'époque fixée pour l'achèvement desdits travaux (18 mois au plus tard à partir de la notification de l'ordonnance).

Ordonnance du 15 février 1847, autorisant : 1° le sieur Charles Collet *à maintenir en activité le moulin à farine à trois tournants qu'il possède sur une dérivation de la rivière de* Chiers, *dans la commune de* Chauvency-Saint-Hubert (Meuse); 2° *les sieurs* Schneider jeune *et* Cie *à établir un bocard à crasses à douze pilons, sur la tête d'eau dudit moulin.* Moulin et bocard à crasses, à Chauvency-St.-Hubert.

(Extrait.)

Art. 12. La présente permission n'aura d'effet, en ce

qui concerne les sieurs Schneider et Cie, que pour le temps pendant lequel ils auraient droit à la jouissance des terrains où le bocard et le bassin d'épuration seront établis.

Patouillet, à Laignes.

Ordonnance du 11 *mars* 1847, *portant que le sieur* Basile-Poussy *est autorisé à maintenir en activité le patouillet à une huche qu'il possède sur la rivière de la* Laignes, *dans la commune de* Laignes, *arrondissement de* Chatillon-sur-Seine (Côte-d'Or).

Mines de houille de Lassouts.

Ordonnance du 18 *mars* 1847, *qui accorde aux sieurs* Joseph Ayral *et* Pierre Albin *la concession de mines de houille situées dans la commune de* Lassouts, *arrondissement d'*Espalion (Aveyron).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Lassouts*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord-Est, par deux lignes droites menées de l'angle Nord-Ouest A du domaine de Cazes à l'angle Nord-Ouest B du Mas, et de ce dernier point à l'embranchement C des chemins de Lurac et de Lassouts aux Azémars;

Au Sud, par deux lignes droites tirées l'une du point précédent C au clocher de Lassouts, point D; l'autre de ce clocher à l'angle Nord M de Sarremejeanne, mais en l'arrêtant en E, point situé à 600 mètres à l'Ouest dudit clocher;

A l'Ouest, par deux lignes droites menées du point précédent E à l'angle Est F du Mas de Mandes, et de cet angle à l'angle Nord-Ouest A du domaine de Cazes, point de départ; ces deux dernières lignes formant la limite Est de la concession *de la Roque;*

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés dix-sept hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés : 1° à une rente annuelle de dix centimes par hectare pour tous les terrains compris dans la concession; 2° à une indemnité proportionnelle aux produits de l'extraction, payable à chaque propriétaire sous le terrain desquels les concessionnaires exploiteront et qui équivaudra, savoir : au trentième de la valeur de la houille qui aura été extraite jusqu'à 50 mètres de profondeur; au quarantième pour les profondeurs de 50 à 100 mètres, et au cinquantième pour celles au-dessous de 100 mètres.

Ordonnance du 29 *mars* 1847, *portant que les sieurs* VIVENOT, LAMY *et* Cie, *sont autorisés à établir à* CHAMPIGNEULLES (Meurthe), *deux hauts-fourneaux pour la fusion du minerai de fer.* Hauts-fourneaux, à Champigneulles.

(Extrait.)

Art. 2. La présente autorisation ne préjuge rien sur la décision à intervenir au sujet de la demande en concession formée par les sieurs Vivenot-Lamy et Cie, et dont l'administration est en ce moment saisie, de mines de fer situées dans les environs de Champigneulles et de Maxeville.

Art. 4. Ils (les permissionnaires) ne pourront faire usage dans leur usine que de combustibles minéraux.

Art. 10. Ils seront tenus de se conformer aux règlements existants ou à intervenir sur les machines à vapeur.

Ordonnance du 29 *mars* 1847, *portant que le sieur* MORMEAUX aîné *est autorisé à modifier la consistance et les dispositions des ateliers de lavage de minerai de fer, dans la commune de* RAILLICOURT (Ardennes), *qui ont fait l'objet de l'ordonnance du* 14 *décembre* 1839, *laquelle est rapportée.* Ateliers pour le lavage du minerai, à Raillicourt.

Les nouveaux ateliers seront composés de trois établissements séparés, comprenant :

1° *Un lavoir à bras, près du chemin de Raillicourt à Champigneulles, sur la dérivation du ruisseau de Raillicourt;*

2° *Un atelier de lavage à machine, à 300 mètres environ au Midi de la fontaine de Raillicourt;*

3° *Un atelier de lavage à machine sur le bief du moulin de Raillicourt, entre le moulin et le chemin de Montigny.*

(Extrait.)

Art. 4. L'opération du lavage, tant dans le lavoir à bras que dans ceux qui seront mus par une roue hydraulique, cessera tous les ans au 15 avril, et ne pourra être reprise qu'au 1er octobre suivant.

Mines de houille d'Épagne.

Ordonnance du 29 *mars* 1847, *qui accorde aux sieurs* Michel Blot, François Leroy-Boulard, François-Pierre Leroy-Boulard *et* Claude-Nicolas-Madeleine Prost, *la concession des mines de houille situées dans les communes de* Vouvant, Saint-Maurice-des-Noues *et* Faymoreau-Puy-de-Serre, *arrondissement de* Fontenay (Vendée).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Epagne*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir:

A l'Est, par la ligne droite CM qui joint la Jolivière à l'Ulinière, et qui borne la concession de la Bouffrie du côté de l'Ouest;

Au Nord, par deux lignes droites partant, la première du point M et allant au point A situé à l'angle Nord-Est de la maison la plus méridionale des Ajots et appartenant au sieur Bizais; la seconde, du point A et allant au point B, pris sur le ruisseau qui passe entre la Bernerie et l'Aurière, à 600 mètres en ligne droite de la jonction de ce ruisseau avec la rivière de Saint-Maurice, mais s'arrêtant au point E à 1400 mètres du point A;

A l'Ouest, par une ligne droite partant du point E dirigée sur le point P situé sur une ligne allant de la Rochette à la Jolivière et à 400 mètres da la Rochette, jusqu'à son intersection R avec la ligne qui limite au Nord la concession de Puyrinsant, et qui est menée de la Nouère à un point situé sur le ruisseau de la Mère, à 800 mètres en amont du moulin à eau de Vouvant, mesurés en ligne droite, puis du point R par la ligne droite RR' allant de ce point à la Nouere et qui limite la concession de Puyrinsant;

Encore à *l'Ouest*, par la ligne droite qui limite la concession de Puyrinsant et qui est menée de la Nouère au point N, situé sur une ligne tirée de la Rochette à la Jolivière, mais en s'arrêtant à 900 mètres de la Rochette;

Enfin *au Sud*, par une ligne droite menée du point N au point C, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quatre kilomètres carrés trente-six hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de cinq centimes par hectare.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface.

Art. 6. Ils paieront au sieur Bourgnon de Layre, en exécution de l'article 16 de la loi du 21 avril 1810 et à titre d'indemnité pour la part qu'il a prise à l'invention de la mine, la somme de 500 francs.

Cahier des charges de la concession des mines de houille d'Epagne.

(Extrait.)

Art. 2. Les concessionnaires fonceront un puits sur la couche reconnue près des Ajots et ouvriront des galeries dans cette couche afin d'en reconnaître la puissance et l'allure. Ils feront des recherches par tranchées, puits et galeries, dans la partie Sud de la concession, pour explorer le gîte de combustible dans cette région, principalement près d'Epagne.

Mines de lignite de Saint-André d'Olérargues.

Ordonnance du 29 mars 1847, qui accorde au sieur Joseph-Louis-Auguste Cotton *la concession des mines de lignite situées dans la commune de* Saint-André-d'Olérargues, *arrondissement d'*Uzès (Gard).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Saint-André d'Olérargues*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord et à l'Ouest, par une ligne partant du point B, borne limitrophe des communes de Saint-Marcel et de Saint-André d'Olérargues et menée jusqu'au point C, grange du sieur Jean Vignal ;

Au Nord et à l'Est, par une ligne droite, allant dudit point C au point D, grange du sieur Vallalery ;

Au Sud, par une première ligne droite, menée du point D au point E, bergerie de la veuve Brun de Caregret ; puis par une seconde ligne dirigée de ce point E au point de départ B ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés cinquante-trois hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une rétribution annuelle de dix centimes par hectare.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions antérieures entre le concessionnaire et les propriétaires de la surface.

Mines de schistes bitumineux de Mouthier.

Ordonnance du 8 mai 1847, portant concession au sieur Ferdinand-Augustin Renauld *de mines de schistes bitumineux situées dans les communes de* Mouthier, Longeville, Lods, *arrondissement de* Besançon, *et* Haute-Pierre, *arrondissement de* Baume-les-Dames (Doubs).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *con-*

cession de Mouthier, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord-Ouest, par une ligne droite allant du clocher de la commune de Longeville, point A du plan, au point D, angle Sud-Ouest d'une maison de la commune de Haute-Pierre, portant le n° 60 et appartenant au sieur Séraphin Marguier;

A l'Est, par une ligne droite allant dudit point D au point C, angle Ouest de la grange de la Baume, commune de Mouthier;

Au Sud-Est, par une ligne droite, menée dudit point C au point B, angle Nord-Est de la grange carrée, commune de Mouthier;

Au Sud, par une ligne droite menée du point B au point de départ A;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de quatre kilomètres carrés quatre-vingt-neuf hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés :

1° A une rente annuelle de dix centimes par hectare pour les propriétaires de tous les terrains compris dans la concession;

2° A une redevance au profit des propriétaires dans les terrains desquels les travaux auront lieu, et qui est fixée au vingtième de la valeur des minerais extraits, prêts à être vendus ou distillés, quand l'exploitation se fera à ciel ouvert, et au quarantième de la valeur des mêmes minerais, lorsque l'exploitation s'opérera par des travaux souterrains.

Cette redevance sera acquittée en argent par le concessionnaire, et l'évaluation en sera faite à l'amiable ou à dire d'experts.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions antérieures entre le concessionnaire et les propriétaires de la surface.

Ordonnance du 8 *mai* 1847, *portant que le sieur* Pic *est autorisé à maintenir en activité l'usine à* **Usine à fer de Billour.**

fer de BILLORES *qu'il possède, sur le ruisseau de la* FONTAINE-DE-JAX, *dans la commune de* NOLAY (Nièvre).

Cette usine est et demeure composée :

1° D'un feu de mazerie ;

2° D'un feu de petite forge ;

3° Des machines soufflantes et de compression nécessaires au roulement de l'établissement.

Fabriques de sel. — Impôt des portes et fenêtres.

Ordonnance de 21 mai 1847, portant annulation de l'arrêté d'un conseil de préfecture qui avait exempté une fabrique de sel de l'impôt des portes et fenêtres.

LOUIS-PHILIPPE, etc.,

Sur le rapport du comité du contentieux,

Vu le rapport à nous présenté par notre ministre des finances, ledit rapport enregistré au secrétariat général de notre conseil d'État, le 8 février 1845, et tendant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture des Basses-Pyrénées, en date du 23 novembre 1844, en tant qu'il a accordé au sieur Naël une réduction de la somme de 9 fr. 12 c. pour douze ouvertures indûment imposées à sa fabrique de sel, située dans la commune de Briscous (même département), pour l'exercice 1844 ;

Vu l'arrêté attaqué ;

Vu les avis des maires et répartiteurs, et des agents des contributions directes ;

Vu la lettre de M. le préfet des Basses-Pyrénées, en date du 2 mai 1845, de laquelle il résulte que le sieur Naël a déclaré n'avoir aucune observation à présenter en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi sus-visé ;

Vu les lois des 4 frimaire an VII et 4 germinal an XI, ensemble les pièces jointes au dossier ;

Ouï M. Boulatignier, maître des requêtes, commissaire du roi ;

Considérant qu'aux termes de l'article 2 de la loi du 4 germinal an VII, les ouvertures des usines sont assujetties à la contribution établie par ladite loi, et que l'exemp-

tion de l'article 19 de la loi du 4 germinal an XI ne s'applique qu'aux manufactures;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que la fabrique de sel du sieur Naël doit être considérée comme une usine et non comme une manufacture; qu'ainsi c'est à tort que le conseil de préfecture a accordé décharge au sieur Naël du montant de la contribution afférente aux ouvertures destinées à éclairer ladite fabrique;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. L'arrêté du conseil de préfecture des Basses-Pyrénées, en date du 23 novembre 1844, est annulé en tant qu'il accorde sur la contribution des portes et fenêtres assignée pour 1844, au sieur Naël, une réduction de 9 fr. 12 c. pour douze ouvertures servant à éclairer sa fabrique de sel.

Art. 2. Le sieur Naël sera rétabli sur le rôle de la contribution des portes et fenêtres de la commune de Briscous, pour l'exercice 1844, à la somme de 29 francs 88 centimes.

Art. 3. Notre garde des sceaux, ministre de la justice et des cultes, et notre ministre des finances, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 5 juin 1847, contenant de nouvelles dispositions sur les concessions en ALGÉRIE.

Concessions de mines, de sources minérales, de sources d'eaux salées, etc.

(Extrait.)

LOUIS-PHILIPPE, etc.,

Vu notre ordonnance du 21 juillet 1845 sur les concessions en Algérie,

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'Etat de la guerre,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

TITRE Ier.

DES CONCESSIONS SUR LES TERRITOIRES CIVILS.

CHAPITRE Ier.

Dispositions générales.

Art. 1er. Toutes les concessions d'immeubles, indivi-

duelles ou collectives, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur du territoire assigné à chacun des centres de population, créés ou à créer, rentrent dans les attributions du directeur de l'intérieur et de la colonisation.

Les concessions de forêts, de mines, de sources minérales, de sources d'eaux salées, de desséchements de marais et de prises d'eaux, continuent à ressortir, celles qui concernent les forêts, à la direction des finances et du commerce, et toutes les autres à la direction des travaux publics.

Usine à fer de Droiteval.

Ordonnance du 25 mai 1847, portant que le sieur Jacquinot *est autorisé à maintenir en activité les deux feux d'affinerie au charbon de bois qu'il a établis en remplacement de divers ateliers composant l'usine de* Droiteval, *située sur le ruisseau dit* Moulin-Robert, *commune de* Claudon (Vosges).

Ladite usine est et demeure composée :

De deux feux d'affinerie au charbon de bois ;

Et des machines de compression nécessaires au roulement journalier de ladite usine.

Usine à fer de Belleville.

Ordonnance du 5 juin 1847, portant que le sieur Soudée *est autorisé à maintenir en activité l'usine à fer de* Belleville, *située sur la* Sauldre, *commune de* Salbris (Loir-et-Cher).

Cette usine est et demeure composée :

D'un feu d'affinerie au charbon de bois ;

D'une chaufferie et d'un four à puddler à la houille, et des machines soufflantes et de compression nécessaires au roulement de l'usine.

Forge de Feymont.

Ordonnance du 5 juin 1847, portant que les sieurs Fleurot (Jean-Thiébaut), Arnoult, Jacquot *et* Daval *sont autorisés à maintenir en activité la forge de* Feymont, *située commune du* Val-d'Ajol, *arrondissement de* Remiremont (Vosges), *et à dé-*

river du ruisseau de la Combeauté, *au moyen de deux barrages successifs, les eaux nécessaires au roulement de cette usine.*

La consistance de cet établissement est et demeure fixée ainsi qu'il suit, savoir :

1° Un feu d'affinerie;

2° Un feu de chaufferie pour martinet, chauffé par les flammes perdues du feu d'affinerie;

3° Les machines de compression et d'étirage nécessaires.

Ordonnance du 8 *juin* 1847, *portant que les sieurs* Japio *et* Decusey *sont autorisés à substituer deux lavoirs à bras au patouillet établi en vertu des ordonnances royales des* 23 *mai* 1827 *et* 27 *novembre* 1836, *au lieu dit le* Moulin-de-Faas, *commune de* Percey-le-Grand (Haute-Saône). **Lavoirs à bras, à Percey-le-Grand.**

Ordonnance du 8 *juin* 1847, *portant que le sieur* Nael *est autorisé à maintenir en activité la saline qu'il possède dans la commune de* Briscous (Basses-Pyrénées); *ladite saline comprenant cinq chaudières d'évaporation, qui présentent ensemble une surface de* 278 *mètres carrés.* **Saline, à Briscous.**

Ordonnance du 8 *juin* 1847, *portant que les sieurs* Boisot et compagnie *sont autorisés à maintenir en activité la saline qu'ils possèdent dans la commune de* Briscous (Basses-Pyrénées); *ladite saline comprenant cinq chaudières d'évaporation, qui présentent ensemble une surface de* 165 *mètres carrés.* **Saline, à Briscous.**

Saline, à Briscous.

Ordonnance du 8 juin 1847, portant que les sieurs MINJONNET *et* BAUDRON *sont autorisés à maintenir en activité la saline qu'ils possèdent dans la commune de* BRISCOUS (Basses-Pyrénées); *ladite saline renfermant trois chaudières d'évaporation, qui présentent ensemble une superficie de 150 mètres carrés.*

Carrière, à Ménilmontant.

Ordonnance du 14 juin 1847, relative à un pourvoi formé par le sieur BOREY *contre un arrêté du conseil de préfecture de la Seine, du 26 juin 1843, concernant la carrière qu'il exploite à* MÉNILMONTANT.

LOUIS-PHILIPPE, etc.;

Sur le rapport du comité du contentieux;

Vu les requêtes sommaire et ampliative à nous présentées au nom du sieur Borey, propriétaire, demeurant à Belleville; lesdites requêtes enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'Etat, les 23 mars et 30 juillet 1844, et tendant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture de la Seine, en date du 26 juin 1843, qui condamnait le sieur Borey à exécuter à première réquisition certains travaux de remblais dans sa carrière sise à Ménilmontant, et le condamnait à l'amende pour contravention dans son exploitation;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu la lettre de notre ministre des travaux publics, en date du 23 février 1847; ladite lettre enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'Etat le 26 février suivant, et par laquelle notre ministre déclare qu'une ordonnance royale, en date du 21 janvier 1847, ayant fait remise au sieur Borey de l'amende à laquelle il avait été condamné, et le sieur Borey ayant d'un autre côté acquiescé par ses travaux de remblais à l'arrêté du conseil de préfecture, ses requêtes sont devenues sans objet;

Vu notre ordonnance, en date du 21 janvier 1847;

Ouï Mᵉ Teissier-Desfarges, avocat du requérant;

Ouï M. Boulatignier, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant qu'il résulte de la lettre ci-dessus visée de notre ministre des travaux publics, en date du 23 février 1847, que le pourvoi du sieur Borey est devenu sans objet;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. Il n'y a lieu de statuer sur le pourvoi formé par le sieur Borey.

Art. 2. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'Etat au département de la justice et des cultes, et notre ministre secrétaire d'Etat au département des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

CIRCULAIRES

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines.

Paris, le 11 janvier 1847.

A M. l'Ingénieur en chef de l'arrondissement de

Coupes des terrains mis à découvert par les travaux des chemins de fer.

Monsieur, les grands travaux de chemins de fer exécutés ou en cours d'exécution sur les divers points de la France ont mis et mettront à découvert de vastes zones de terrains très-propres aux observations géologiques. Effectuées sur une aussi grande échelle, ces observations devront fournir des données précieuses pour la science.

Je désire, monsieur, que vous vous occupiez, de concert avec MM. les ingénieurs sous vos ordres, de relever avec soin les coupes de terrains mis à nu par les tranchées des chemins de fer dans l'étendue de l'arrondissement minéralogique de. . . . . . Ces coupes devront être rapportées à une ligne de niveau continue, avec l'indication des diverses couches de terrains, et accompagnées de légendes.

Les lignes ou portions de lignes qui pourront être ouvertes ou continuées plus tard sur le territoire de votre arrondissement devront faire l'objet d'un semblable travail, au fur et à mesure de l'avancement des ouvrages.

Vous m'adresserez directement les relevés dont il s'agit, en les faisant accompagner des notes et renseignements que vous jugerez utiles.

A cet égard je vous recommanderai, monsieur, de vous mettre en rapport avec MM. les ingénieurs chargés de travaux de chemins de fer pour que les fossiles végétaux et animaux de quelque intérêt, qui seraient découverts par les fouilles, soient recueillis et conservés avec soin. Autant que faire se pourra, je verrais avec plaisir que vous et MM. vos collègues des ponts-et-chaussées pris-

siez les dispositions nécessaires pour faire parvenir à l'Ecole des mines les objets de cette nature ayant une certaine valeur et que vous jugeriez dignes de figurer dans les collections de l'Ecole.

Je vous prie, monsieur, de m'accuser réception de la présente, dont je vous recommande très-spécialement l'objet.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée.

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 15 janvier 1847.

A M. *ingénieur* *des mines.*

Compte rendu des travaux de MM. les ingénieurs des mines pendant l'année 1846.

Monsieur, je n'ai point encore reçu le compte que vous avez à m'adresser, en exécution de la circulaire du 15 avril 1834, de vos travaux pendant l'année 1846.

Je vous invite à me faire cet envoi sans retard, et à vous conformer, pour la rédaction de ce travail, à l'ordre suivi dans le compte annuel distribué aux chambres.

Je rappellerai particulièrement qu'il est essentiel, indépendamment des autres indications demandées, de faire connaître les travaux de recherche exécutés, les résultats obtenus de ces travaux, ainsi que les améliorations qui ont pu être introduites, soit dans l'exploitation des mines, minières, tourbières et carrières, soit dans les procédés de fabrication. Je me réfère, à ce sujet, aux instructions contenues dans ma dépêche du 15 décembre 1843 (1).

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération distinguée.

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

---

(1) Cette circulaire a été insérée dans le tome V, 4e série des *Annales des mines*.

Paris, le 15 janvier 1847.

A M. ingénieur des mines

Tournées de MM. les ingénieurs des mines pendant l'année 1847.

Monsieur, aux termes de la circulaire du 20 décembre 1835, MM. les ingénieurs des mines doivent me faire parvenir, chaque année au 20 janvier, les projets des tournées qu'ils se proposent d'effectuer dans le courant de la campagne.

Le moment est venu de s'occuper de la rédaction de ceux qui concernent l'année 1847. Je désire que l'envoi n'en soit pas différé.

Je rappellerai que MM. les ingénieurs qui sont chargés d'un service ordinaire en même temps qu'ils remplissent les fonctions d'ingénieur en chef, ont à présenter deux itinéraires, l'un pour le premier service, l'autre pour l'inspection d'ingénieur en chef. Cette disposition n'a pas été généralement observée en 1846.

De même, on a quelquefois négligé d'indiquer sur les tableaux de cette année les époques d'arrivée dans les localités à parcourir, d'y distinguer le temps des voyages de celui à consacrer aux séjours, et de mentionner en appendice les établissements qui ne devaient pas être visités. Il conviendra de donner ces divers détails dans les itinéraires de 1847.

Conformément aux règles établies, ceux de MM. les ingénieurs ordinaires me seront transmis par l'intermédiaire de MM. les ingénieurs en chef.

Je me réfère, au surplus, aux instructions contenues dans la circulaire précitée du 20 décembre 1835 et dans celle du 24 janvier 1834.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée.

Le sous-secrétaire d'Etat des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 8 mars 1847.

A. M. le Préfet d

Monsieur le Préfet, je vous ai transmis, avec mes lettres des 27 octobre 1842, 15 janvier 1844, 28 octobre 1845 et 18 mai 1846, des notices sur diverses explosions d'appareils à vapeur.

Appareils à vapeur. — Envoi de documents relatifs à divers accidents.

L'administration fait recueillir avec soin tous les détails relatifs à ces accidents. Leur publication est une chose très-utile. En signalant les causes qui ont amené ces tristes événements, en faisant voir qu'ils sont presque toujours le résultat d'un manque de précautions, on montre combien il importe de se conformer exactement aux conditions de sûreté prescrites.

J'ai l'honneur de vous adresser des exemplaires imprimés de plusieurs rapports concernant de nouvelles explosions arrivées dans ces derniers temps.

Je vous prie de les distribuer, comme les précédents, aux principaux chefs d'établissements et aux constructeurs d'appareils à vapeur dans votre département.

Ces rapports ont été insérés dans les Annales des mines. Ils vont également être publiés dans les Annales des ponts-et-chaussées.

MM. les ingénieurs chargés de la surveillance de ces appareils trouveront dans ces documents des observations essentielles pour le service, et je profite aussi de cette occasion, monsieur le Préfet, pour appeler de nouveau votre attention sur la nécessité de tenir strictement la main à l'exécution des règlements.

Recevez, monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 24 mars 1847.

A M. ingénieur en chef des

Envoi d'exemplaires d'un tableau graphique (*Abaque* ou *Compteur universel*.

Monsieur, l'administration a constamment cherché à faciliter à MM. les ingénieurs des ponts-et-chaussées la confection des calculs nécessaires à la rédaction des projets qui leur sont demandés. Dans ce but, elle leur a successivement adressé, depuis une dizaine d'années, diverses collections de tables numériques, et des formules qui sont, pour les projets des ouvrages à établir, comme des cadres dans lesquels sont insérées d'avance les clauses et les données applicables à tous les cas, et où il est facile d'intercaler les parties de la rédaction spéciales à chaque cas particulier.

Parmi les moyens proposés pour abréger les calculs dont MM. les ingénieurs ont à s'occuper le plus souvent, on a pu remarquer celui qui est fondé sur la considération de constructions graphiques composées à peu près exclusivement de lignes droites. Depuis l'époque où, sur l'avis du conseil général des ponts-et-chaussées, l'administration a fait établir et distribuer à MM. les ingénieurs les tables graphiques relatives aux chemins de fer (circulaire n° 9, en date du 2 septembre 1843), son attention a été attirée sur un tableau graphique du même genre auquel on a donné le nom d'*Abaque* ou *Compteur universel*.

Ce tableau, par la multiplicité des résultats qu'il fournit, a paru un complément utile des tables numériques et graphiques précédemment distribuées à MM. les ingénieurs des ponts-et-chaussées. En effet, il donne, avec une approximation suffisante aux besoins ordinaires de la pratique, les résultats des opérations de calcul les plus usitées; il abrége par conséquent d'une manière notable l'établissement de certains avant-métrés, ou au moins il permet d'en vérifier les résultats avec une grande promptitude.

MM. les ingénieurs des mines pourront aussi l'employer utilement dans diverses opérations qu'ils ont à effectuer habituellement, notamment dans celles que nécessitent les analyses chimiques, et plus généralement les calculs de *percentage* ou de proportions pour 100.

La société d'encouragement pour l'industrie nationale, qui a soumis le nouvel instrument à un examen approfondi, l'a considéré comme propre aux mêmes usages que la règle logarithmique des Anglais, et comme pouvant même remplacer cette règle avec avantage dans certains cas. Aussi cette société a-t-elle émis le vœu que l'Abaque fût propagé en France parmi les ingénieurs et les conducteurs de travaux civils et militaires.

Ces diverses considérations m'ont déterminé à mettre au moins un modèle de ce tableau graphique entre les mains de MM. les ingénieurs des ponts-et-chaussées et des mines.

En conséquence, j'ai l'honneur de vous en adresser exemplaires qui devront être répartis de la manière suivante :

1° Deux exemplaires, dont un collé sur carton et verni, et l'autre imprimé sur toile et relié avec l'instruction, pour le service de vos bureaux ;

2° Un exemplaire collé sur carton et verni, avec l'instruction brochée, pour chacun de MM. les ingénieurs ordinaires placés sous vos ordres.

L'instruction détaillée qui accompagne chacun des exemplaires de la planche gravée en enseigne l'usage, et les principes théoriques sur lesquels la construction de la figure est fondée sont exposés dans le mémoire n° 137 inséré au 1er cahier des Annales des ponts-et-chaussées de l'année 1846.

Vous voudrez bien faire inscrire sur l'inventaire du bureau de chacun de MM. les ingénieurs les exemplaires qui lui auront été confiés.

Je vous prie de m'accuser réception du présent envoi et de cette circulaire, dont vous trouverez ci-joint des ampliations pour MM. les ingénieurs ordinaires.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée.

Le sous-secrétaire d'Etat des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 5 mai 1847.

A M. ingénieur des mines.

Documents statistiques à réunir pour l'année 1846.

Monsieur, j'ai l'honneur de vous adresser en double exemplaire, dont l'un servira de minute et restera dans votre bureau, les six états destinés à contenir les documents statistiques relatifs aux mines et aux usines minéralurgiques pour l'année 1846. Je crois devoir appeler particulièrement votre attention sur les points suivants, qui résument les observations auxquelles a donné lieu le travail relatif à l'année 1845.

État n° 1. — La classification adoptée par MM. les ingénieurs pour les houilles produites dans divers bassins houillers n'a pas toujours été conforme aux définitions données sur le premier recto de cet état. Quelques expériences très-simples sur la carbonisation des principales variétés de houille dans un creuset bien clos, et sur l'incinération des cokes obtenus, permettraient de lever les doutes qui subsistent encore et de déterminer exactement la catégorie à laquelle appartient chaque variété.

État n° 2. — Il faut avoir grand soin de suivre les indications de la note (*b*) au deuxième recto de l'état. Lorsqu'un des ateliers où le minerai doit être transporté est situé dans un département autre que celui où le minerai est extrait, le nom de ce département doit toujours être mentionné entre parenthèses à la suite du nom de cet atelier. On doit totaliser séparément, au bas des colonnes (24), (30) et (36), les valeurs créées par les transports effectués dans chaque département, en attribuant chaque valeur partielle au département où est situé l'atelier vers lequel le minerai est immédiatement transporté. Les nombres ainsi trouvés dans chacune de ces trois colonnes doivent être reproduits et totalisés dans le tableau résumé placé au bas du deuxième verso.

État n° 3. — Je recommande expressément de produire avec des détails circonstanciés les documents demandés sur le deuxième verso, sous le titre : *Renseignements sur les prix des bois et charbons de bois à diverses époques*.

État n° 4. — Le dépouillement que l'administration fait chaque année des résultats consignés sur l'état 4 conduit à cette conclusion, évidemment inexacte, que les quantités de fontes consommées dans les ateliers métallurgiques excèdent toujours notablement les quantités de fontes prises aux trois seules sources où les ateliers puissent puiser, savoir : 1° les fontes neuves produites par les hauts-fourneaux ; 2° les fontes neuves importées dans le royaume ; 3° les vieilles fontes d'origine française ou étrangère livrées aux ateliers. Il y a lieu de penser que cette anomalie, qui se reproduit constamment dans le même sens, tient à ce que MM. les ingénieurs, par suite de quelques omissions, évaluent trop bas la production des fontes indigènes, et surtout la quantité de vieilles fontes consommée par les ateliers ; elle peut aussi être due en partie à ce qu'ils ne tiennent pas un compte suffisant des vieux fers ou riblons employés concurremment avec la fonte dans un grand nombre de forges. Je les invite de nouveau et très-spécialement à chercher la solution de cette difficulté, et à cet effet à rédiger avec un soin tout particulier les deux tableaux consignés sur le deuxième verso de l'état, sous le titre de : *Commerce des fontes, fers et aciers dans le département*, en vérifiant scrupuleusement la balance de la recette et de l'emploi des fontes.

État n° 5. — Je les invite également à présenter avec détail, et suivant les indications données sur le premier verso, la succession de diverses opérations métallurgiques pratiquées dans une même usine, et à recueillir des renseignements précis et circonstanciés sur les usines à cuivre qui élaborent en France des minerais tirés des pays étrangers.

État n° 6. — Le travail produit par quelques ingénieurs est resté jusqu'à ce jour incomplet sur deux points essentiels : 1° ils ont donné en bloc la consommation de houilles provenant de plusieurs bassins différents, au lieu de produire séparément les faits relatifs à chaque sorte ; 2° ils ont omis de répartir dans chacune des six catégories d'emplois dont il est fait mention sur le tableau les houilles fournies par divers bassins. Ces lacunes pouvaient s'expliquer au début de ce genre de recherches, mais elles ne sauraient se perpétuer pour un petit nombre de départements. J'espère donc qu'elles seront comblées sur l'état

relatif à l'exercice 1846. Les documents qu'il doit contenir n'exigent pas moins d'attention et de soins que ceux qui se rapportent aux autres états. Je ne doute point que le zèle de MM. les ingénieurs ne s'applique à remplir d'une manière complète les intentions de l'administration.

Le travail qui fait l'objet de la présente devra m'être parvenu pour le 15 octobre, au plus tard. Je vous invite, monsieur, à ne point dépasser ce délai. J'ai vu avec regret que plusieurs de MM. les ingénieurs n'ont pas apporté dans cette partie si essentielle de leur service toute l'exactitude désirable. J'aime à me persuader que cette exactitude, dont le plus grand nombre donne l'exemple, sera désormais la règle commune.

MM. les ingénieurs ordinaires auront soin de signer leurs états, et, conformément aux règles établies, ils me les transmettront par l'intermédiaire de MM. les ingénieurs en chef, qui y joindront leurs observations.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée.

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

PERSONNEL.

Par ordonnance royale du 10 *février* 1847, — M. Baudin, ingénieur ordinaire de 1re classe au corps royal des mines, est élevé au grade d'ingénieur en chef de 2e classe.

Par ordonnance du 10 février 1847, — MM. Debette, Bertera, Bayle, Reuss, de Chancourtois et Renouf, aspirants-ingénieurs des mines, sont élevés au grade d'ingénieur ordinaire de 2e classe.

Par ordonnance du 29 *avril* 1847, — M. Combes, ingénieur en chef des mines de 1re classe, est élevé au grade d'officier dans l'ordre royal de la légion d'honneur; — MM. Reverchon, ingénieur en chef de 2e classe, et de Hennezel, ingénieur ordinaire de 1re classe, sont nommés chevaliers du même ordre.

Arrêté du Ministre des travaux publics, du 10 *janvier* 1847.

Le ministre secrétaire d'État des travaux publics,

Vu l'article 71 de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846, portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer, lequel article est ainsi conçu :

« Lorsqu'un chemin de fer traverse plusieurs départe-
» ments, les attributions conférées aux préfets par le pré-
» sent règlement pourront être centralisées, en tout ou
» en partie, dans les mains de l'un des préfets des dépar-
» tements traversés. »

Sur la proposition du sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Arrête ce qui suit :

Art. 1er. Les mesures relatives à la réception et à la vérification de l'état du matériel des chemins de fer, à l'assiette des taxes et frais accessoires, à l'établissement des signaux de toute nature, à l'examen des ordres de service, de la composition et du nombre des convois des

intervalles de temps qui doivent séparer leurs départs, à la détermination de la vitesse et de la durée du trajet, aux précautions à prendre pour l'expédition et la marche des convois extraordinaires, et en général toutes les mesures qui concernent l'ensemble de l'exploitation seront centralisées dans les mains de :

M. le préfet de police à Paris, pour les chemins de fer :

De Paris à la frontière de Belgique, par Lille et Valenciennes;

De Paris à Orléans;

De Paris à Saint-Germain;

De Paris à Versailles (rive droite et rive gauche);

De Paris à Sceaux;

Et (à titre provisoire) de Paris à Rouen.

M. le préfet du Loiret, pour le chemin de fer :

D'Orléans à Tours.

M. le préfet du Bas-Rhin, pour le chemin de fer :

De Strasbourg à Bâle,

Et de Mulhouse à Thann.

M. le préfet de la Loire, pour les chemins de fer :

De Saint-Etienne à Lyon;

De Saint-Etienne à Andrezieux;

D'Andrezieux à Roanne et de Montbrison à Montrond.

M. le préfet du Gard, pour les chemins de fer :

De la Grand-Combe à Beaucaire;

De Nîmes à Montpellier;

De Montpellier à Cette.

Art. 2. Le sous-secrétaire d'Etat des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Arrêté du Ministre, du 8 mars 1847.

Le ministre secrétaire d'Etat des travaux publics,

Vu l'article 71 de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846, portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer, lequel article est ainsi conçu :

« Lorsqu'un chemin de fer traverse plusieurs départements, les attributions conférées aux préfets par le présent règlement pourront être centralisées, en tout ou en partie, dans les mains de l'un des préfets des départements traversés. »

PL. I.

Fig. 7.

Fig. 8.

de raffinage

le raffinage de l'acide arsénieux.

au de raffinage

Élévation du sol

Echelle des Fig. 1 à 6, de 0.m01 pour mètre.

1 2 3 4 5 6 mètres.

Echelle des Fig. 1 à 6, en pieds de Prusse.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 pieds

Echelle des Fig. 7 à 10, de 0.m022 p.r mètre.

1 2 mètres.

Echelle des Fig. 7 à 10, en pieds de Prusse.

1 2 3 4 5 6 7 8 pieds.

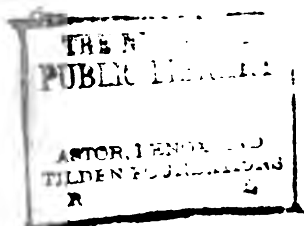
n du Fourneau

de raffinage

niveau de la grille

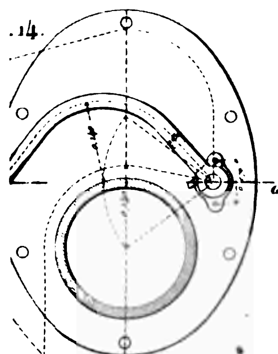
VI. page

Lemaitre

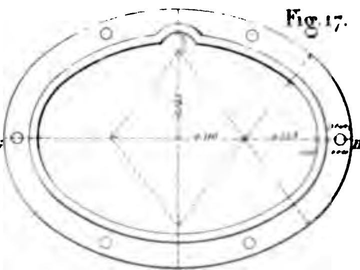


Registre ovale, à mouvement circulaire de M. Gauthier

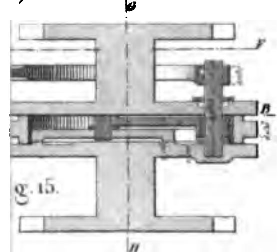
Coupe verticale suivant EF (Fig. 15) de la plaque à une tubulure



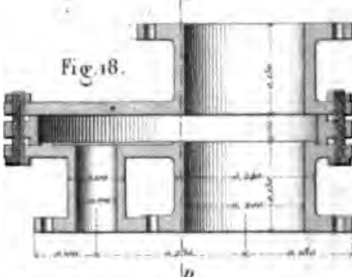
Rideau ovale



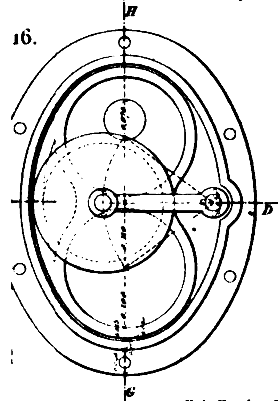
Coupe verticale suivant CD (Fig. 16).



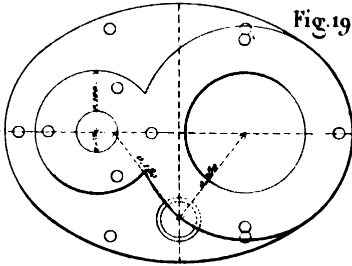
Coupe horizont.le suiv.t GH (Fig. 15) sans registre



Projection verticale suivant CD (Fig. 15).



Projection verticale de la plaque à deux tubulures.



Echelle de 0.m 08 pour mètre.

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1 mèt.

Lemaitre sc.

...n d'une Chaudière à vapeur à St. Benoist (Doubs) ... explosion

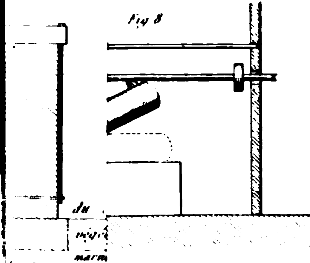
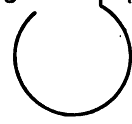


Fig. 11.

Coupe suivant c d, Fig. 10



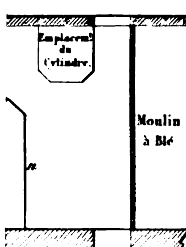
Plan et Coupe de la Chaudière après l'explosion

Fig. 10.



...u bâtiment de la Chaudière.

Roues à eau de l'usine



Lentille faisant mouvoir le flotteur d'alarme

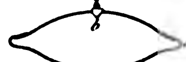
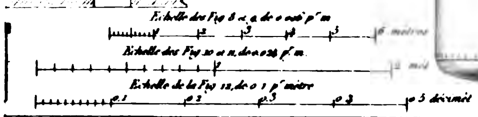
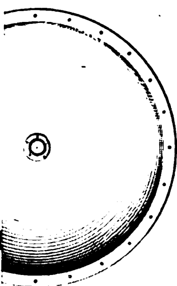


Fig. 12.



...d'une Chaudière à déféquer à St. Sautre (Nord)



Plan et Coupe de la Chaudre après l'explosion

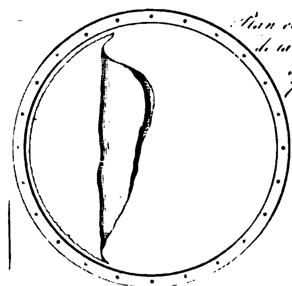
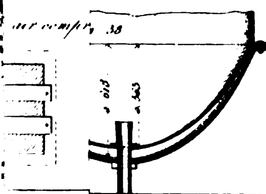
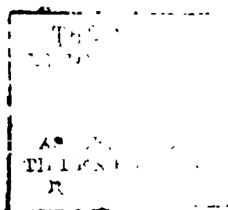
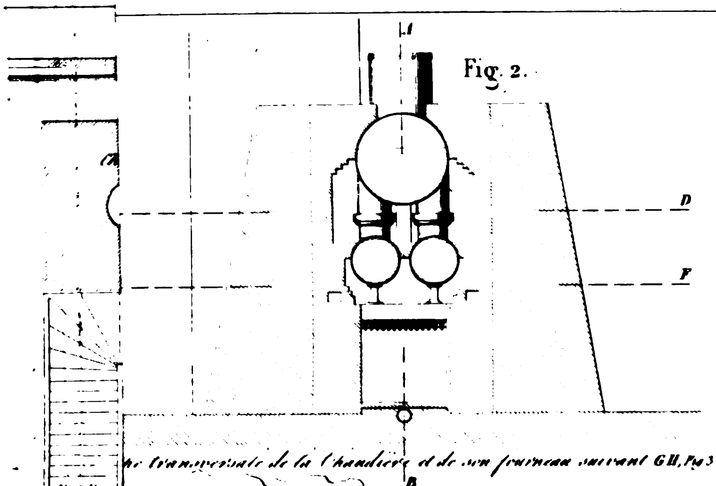


Fig. 14.

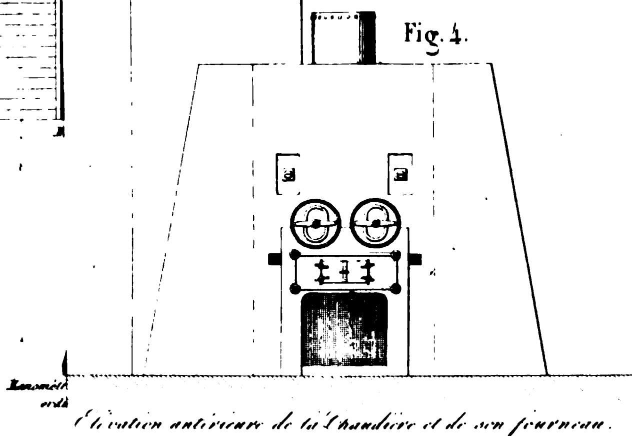


Lemaitre sc.

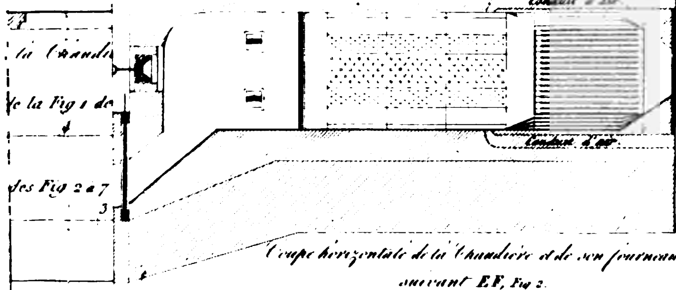




...pe transversale de la Chaudière et de son fourneau suivant G H, Fig 3



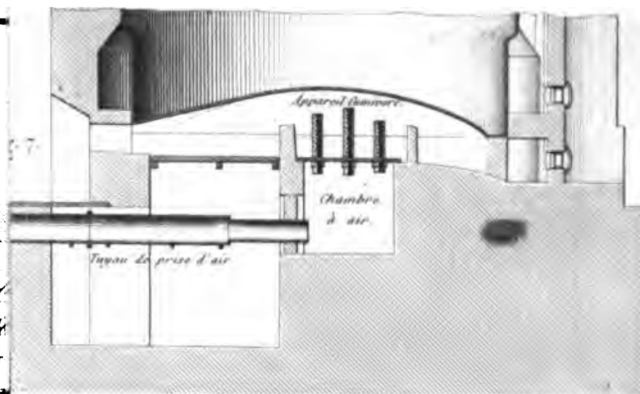
Élévation antérieure de la Chaudière et de son fourneau.



Coupe horizontale de la Chaudière et de son fourneau suivant E F, Fig 2.

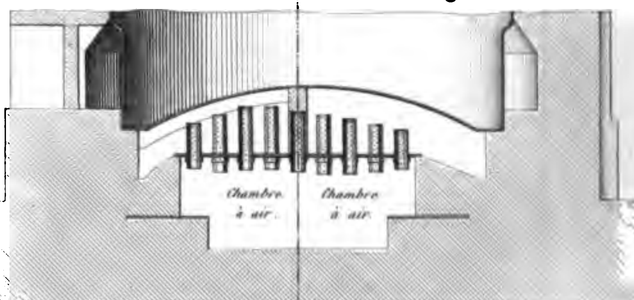
Lemaitre s

à vapeur



Dernière disposition de l'appareil fumivore Juin 1844.
Coupe longitudinale du fourneau Constantine suivant CD, Fig 5.

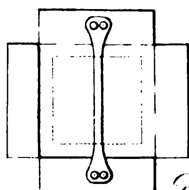
Fig. 9. **Fig. 8.**



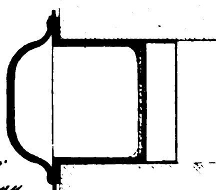
...rnière disposition de l'appareil fumivore (Juin 1844) Coupe transv.le du fourneau Constantine suiv.t G H, F 5.

Première disposition de l'appareil fumivore (Mai 1844). Coupe transv.le du fourneau Constantine suiv.t E F, Fig 5.

Fig. 10.

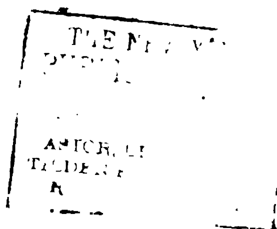


Regard pour observer ce qui se passe dans l'intérieur du fourneau.



10 mètres.

Lemaitre sc.



Manufacture Royale des Tabacs.

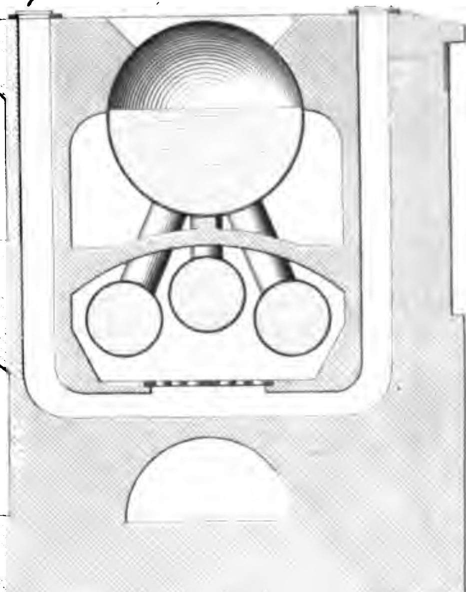


Fig. 2.

...ale de la Chaudière N° 4, suivant AB, Fig 1

...ale de la Chaudière N° 4, suivant CD, Fig. 1.

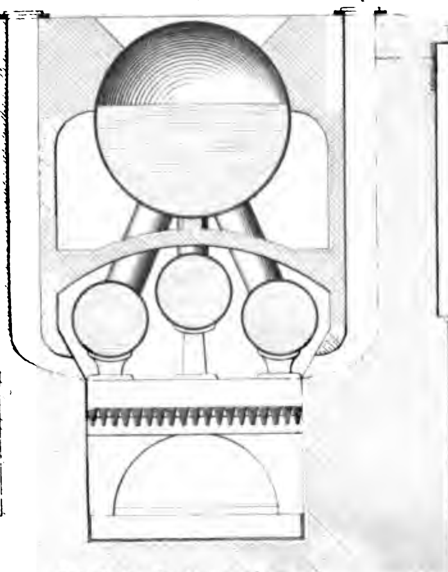


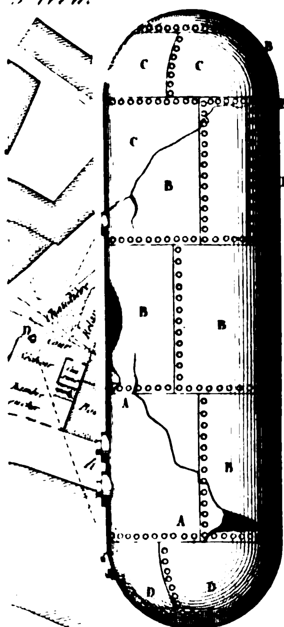
Fig. 3.

Echelle de 0.m018 pour mètre.

1 2 3 4 5 mètres.

Lemaitre sc.

Fig. 13.



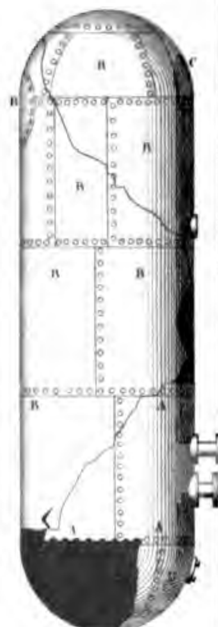
Élévation de la Chaudière suivant m n du Plan.

Fig. 14.



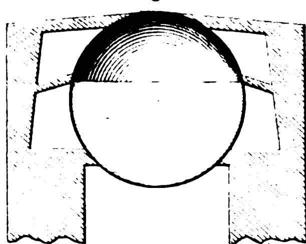
Plan de la Chaudière

Fig. 15.

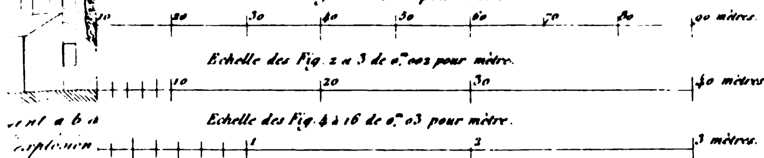


Élévation de la Chaudière suivant h k du Plan

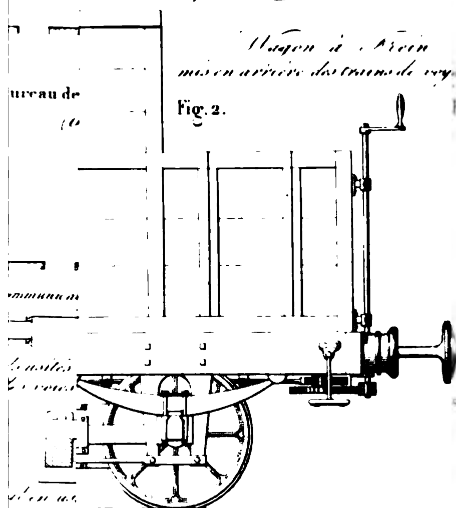
Fig. 16.

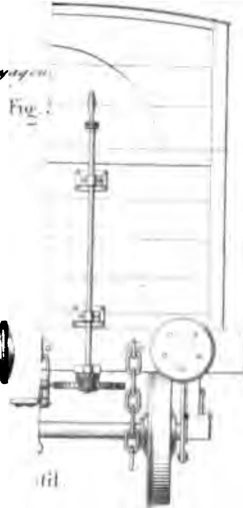


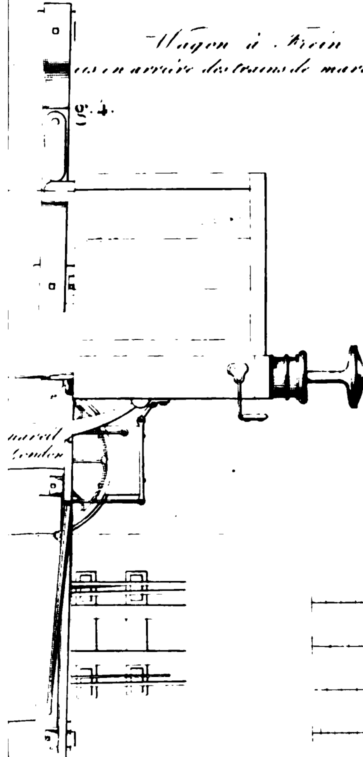
Coupe de la Chaudière et du fourneau.

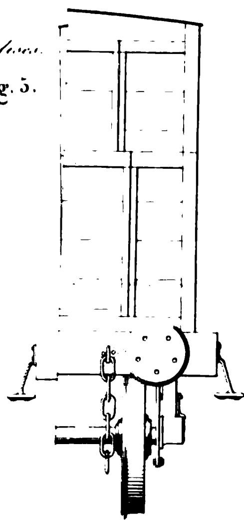


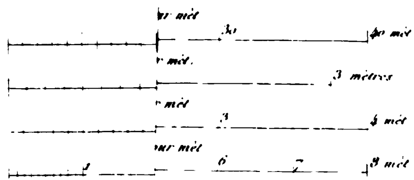
...des trains, sur le London & North W...



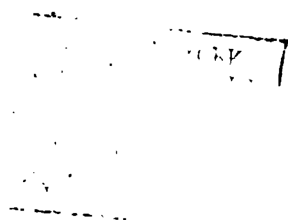








A Chevalier del. Lemaître sc.



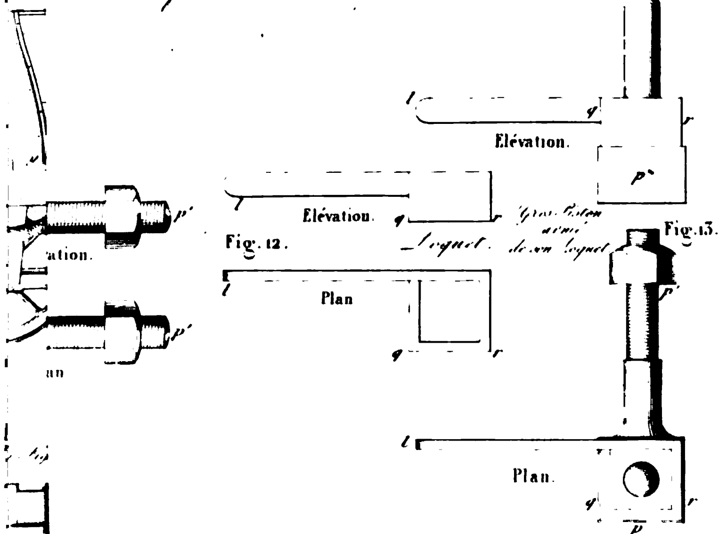
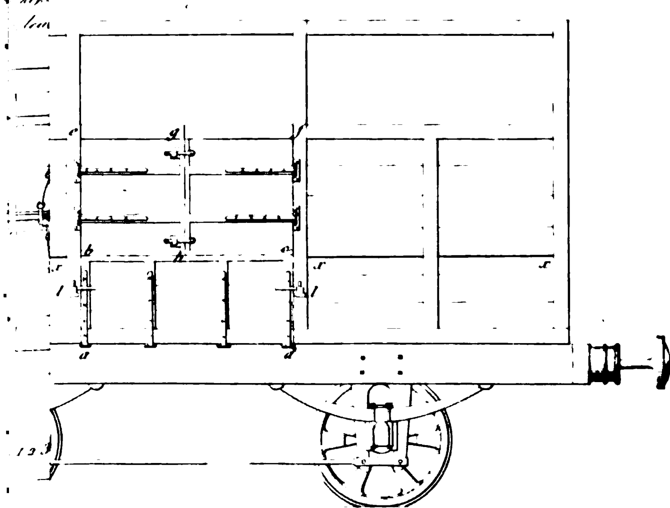
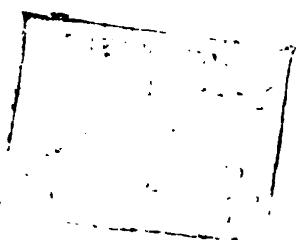


Fig. 9.

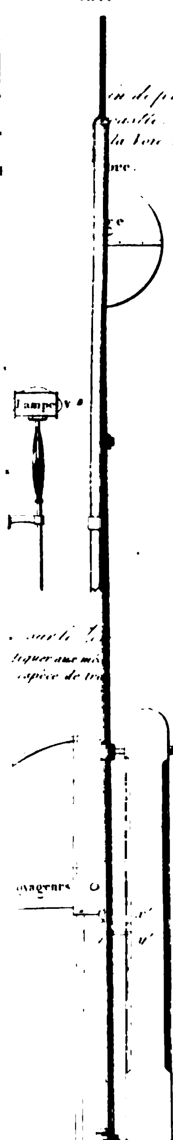


North Western Railway.

A. Chevalier del. Lemaître sc.



Signaux du Great Western Railway



La Voie est libre

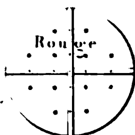


Fig. 11.

Arrêt

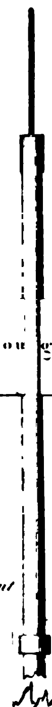


Fig. 12.

Vues perpendiculairement à la Voie.

Ralentissement

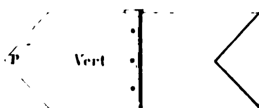


Fig. 13.

Arret

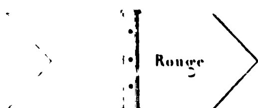


Fig. 14.

La Voie est supposée de ...

Fig. 1.



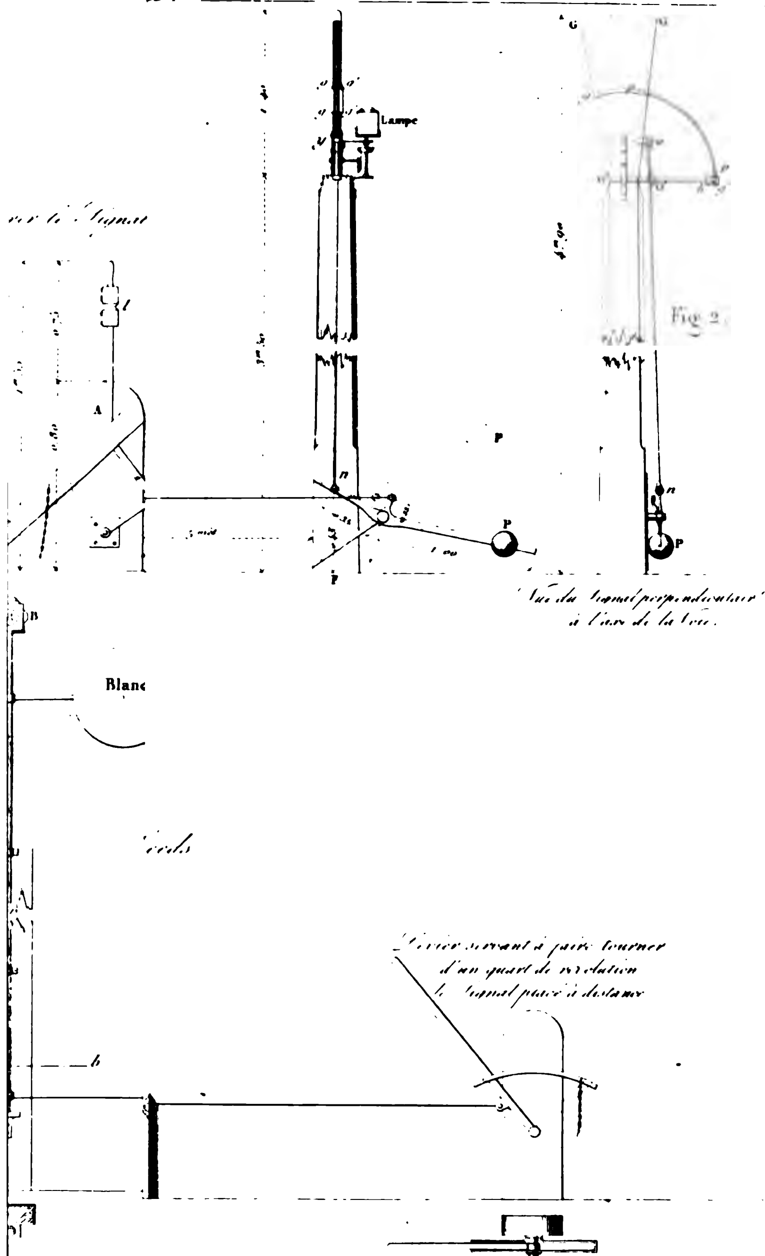
Signal détonnant

Le signal en place sur le Rail

Vues perpendiculairement à la Voie.

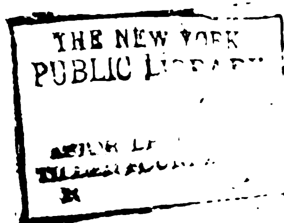
A. Chevalier del. Lemaitre

PL. X



...ages 369 et 370.

A Chevalier del. Lemaître sc.


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

Jigger ou machine employée à la terrasson des Cotés hors des magasins du Liverpool & Manchester Railway.

Fig. 18.

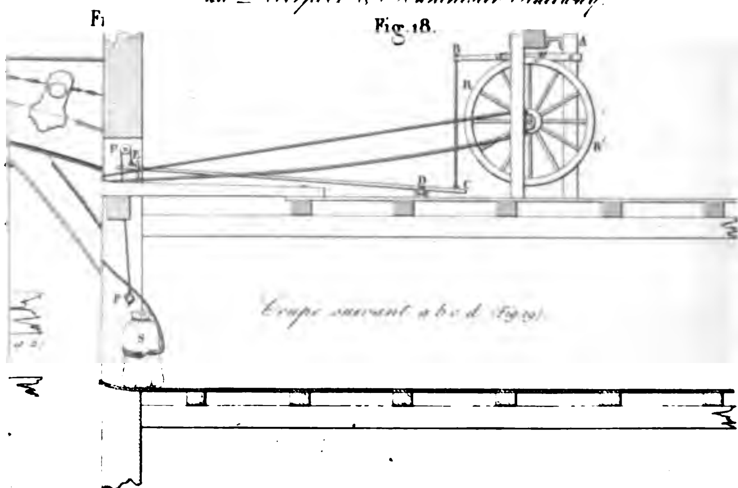
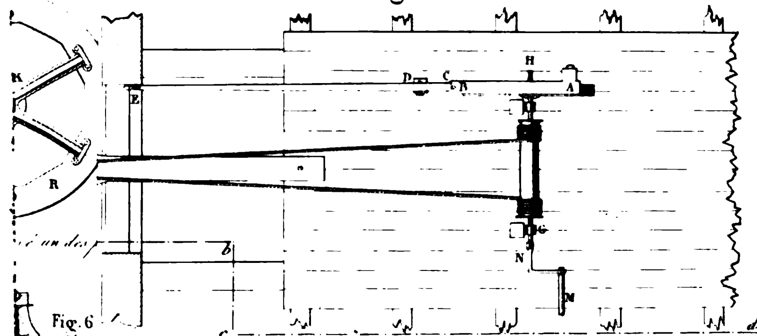


Fig. 19.



Plan du Jigger

Fig. 20.

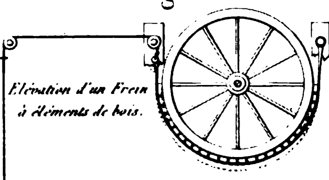


Fig. 21.



Plan du Frein vu en dessous

5 mètres.

10 mètres

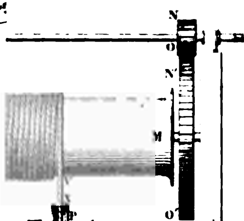
A Chevalier del. Lemaitre sc.

...ne emplo... les marchandises de Liverpool.

Fig. 1.

Levier du ... de l'ensemble de la machine.

Levier d'embraya...



D

P''
P'
Fig. 3.
Grue à vapeur
(Steam crane)

Fi...

Levier du p...

Levier d'emb...

B

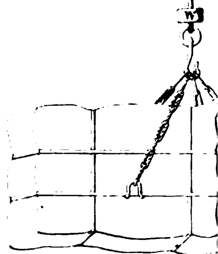
W

Y
m'
Z

C

Transmission de ...

X'



...r mètre.

...la machine.

3

4 mètres.

A. Chevalier del. Lemaître ...



Profil.

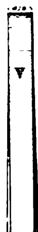
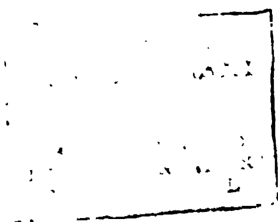


Fig. 3.

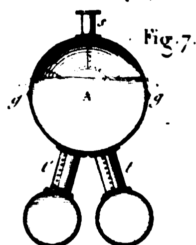


…rue St Gilbert R. St Denis, à la Villette.

…avant l'explosion

Coupe de la Chaudière suivant a b. (Fig. 6).

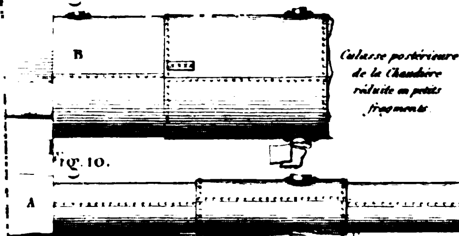
Fig. 7.



…haudière prise dans l'atelier.

Fig. 8.

Fig. 10.

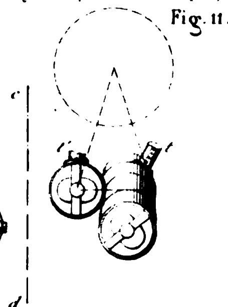


…que en place après l'explosion

Position des Bouilleurs après l'explosion.

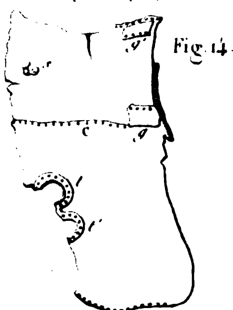
Projection suivant c d. (Fig. 10).

Fig. 11.



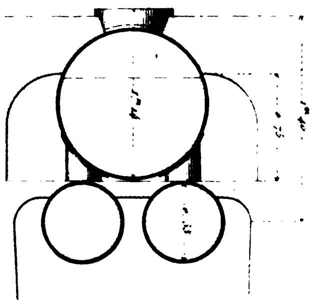
Projection de la Virole suivant g h (Fig. 13).

Fig. 14.



Coupe du fourneau neuf établi chez le St Gilbert.

Fig. 15.



3 mèt. … 100 mètres

… 4 mètres

Lemaitre



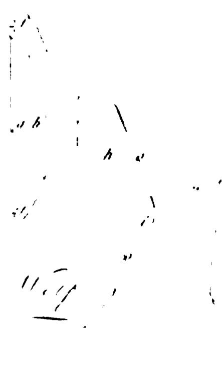


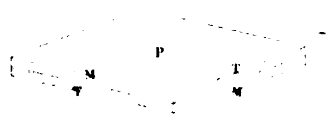




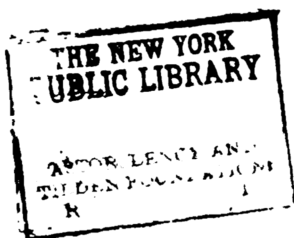
Fig. 13.



Fig. 41.



Lemaitre


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

Vu l'arrêté du 10 janvier 1847;
Sur la proposition du sous-secrétaire d'État des travaux publics,
Arrête ce qui suit :
Art. 1er. Les mesures concernant l'ensemble de l'exploitation des chemins de fer, telles qu'elles sont définies dans l'arrêté du 10 janvier 1847, seront centralisées, pour le chemin de fer de Rouen au Hâvre, entre les mains de M. le préfet de police de Paris.
Les attributions de même nature relatives au service du chemin de fer de Paris à Rouen, attributions que l'arrêté du 10 janvier a conférées à M. le préfet de police, seulement à titre provisoire, seront centralisées à titre définitif entre les mains de ce magistrat.
Art. 2. Le sous-secrétaire d'Etat des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Arrêté du Ministre, du 14 *mars* 1847.

Le ministre secrétaire d'Etat des travaux publics,
Vu, etc. (*ut suprà*);
Arrête ce qui suit :
Art. 1er. Les mesures concernant l'ensemble de l'exploitation des chemins de fer, telles qu'elles sont définies dans l'arrêté du 10 janvier 1847, seront centralisées entre les mains de M. le préfet de police, à Paris, pour le chemin de fer d'Amiens à Boulogne, partie comprise entre Amiens et Abbeville.
Art. 2. (*Ut suprà.*)

Arrêté du Ministre, du 31 *mai* 1847.

Le pair de France, ministre secrétaire d'Etat des travaux publics,
Sur la proposition du sous-secrétaire d'Etat des travaux publics,
Vu l'article 71 de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846, portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer, lequel article est ainsi conçu :
« Lorsqu'un chemin de fer traverse plusieurs départe-

» ments, les attributions conférées aux préfets par le pré-
» sent règlement pourront être centralisées, en tout ou
» en partie, dans les mains de l'un des préfets des dépar-
» tements traversés. »

Arrête ce qui suit :

Art. 1er. Les mesures relatives à la réception et à la vérification de l'état du matériel des chemins de fer, à l'assiette des taxes et frais accessoires, à l'établissement des signaux de toute nature, à l'examen des ordres de service, de la composition et du nombre des convois, des intervalles de temps qui doivent séparer leurs départs, à la détermination de la vitesse et de la durée du trajet, aux précautions à prendre pour l'expédition et la marche des convois extraordinaires, et en général toutes les mesures qui concernent l'ensemble de l'exploitation, seront centralisées entre les mains de M. le préfet du Loiret, pour le chemin de fer du Centre, depuis Orléans jusqu'à Châteauroux, d'une part, et, de l'autre, jusqu'au Bec d'Allier.

Art. 2. Le sous-secrétaire d'Etat des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Par arrêté du Ministre des travaux publics, du 10 *janvier* 1847, — M. Blavier, ingénieur en chef des mines à la résidence de Douai, est chargé d'exercer sur les chemins de fer d'Abscon et Denain à Anzin les attributions conférées aux commissaires royaux par l'ordonnance royale du 15 novembre 1846, portant règlement d'administration publique sur la police de l'exploitation des chemins de fer.

Par arrêté du 15 *janvier* 1847, — MM. Rivot, Phillips et Houpeurt, élèves-ingénieurs des mines, hors de concours, sont nommés aspirants-ingénieurs.

Par arrêté du 6 *mars* 1847, — M. Blavier, ingénieur en chef des mines à Douai, est placé dans la réserve à dater du 1er mars, et autorisé à prendre la direction des mines d'Anzin.

Par arrêté du 6 *mars* 1847, — M. Boudousquié, ingénieur ordinaire des mines à Périgueux, est appelé à rem-

plir les fonctions d'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Douai, en remplacement de M. Blavier.

Par arrêté du 6 *mars* 1847, — M. Bochet, élève-ingénieur des mines, de 1[re] classe, est chargé du service du sous-arrondissement de Périgueux, en remplacement de M. Boudousquié.

Par arrêté du 6 *mars* 1847, — l'organisation actuelle du service de l'arrondissement minéralogique de Clermont est modifiée comme il suit :

Les deux départements du Cher et de la Nièvre sont détachés du sous-arrondissement minéralogique de Moulins, pour constituer un nouveau sous-arrondissement dont le chef-lieu est fixé à Bourges.

Le service des mines du département de l'Allier sera confié à un ingénieur en chef en résidence à Moulins. Cet ingénieur en chef aura sous ses ordres l'ingénieur ordinaire du sous-arrondissement de Bourges; il sera placé lui-même sous les ordres de M. Burdin, ingénieur en chef de l'arrondissement de Clermont, qui prendra en conséquence le titre d'ingénieur en chef directeur.

M. Baudin, ingénieur en chef de 2[e] classe à Nantes, est désigné pour le poste d'ingénieur en chef à Moulins.

Le sous-arrondissement de Bourges est confié à M. Bertera, ingénieur ordinaire de 2[e] classe, actuellement chargé du sous-arrondissement de Moulins.

Par arrêté du 6 *mars* 1847, — M. Senez, ingénieur des mines de 1[re] classe à Villefranche (Aveyron), est chargé du service de l'arrondissement minéralogique de Nantes, en remplacement de M. Baudin.

Par arrêté du 8 *mars* 1847, — MM. Dusouich, Diday et Mœvus, ingénieurs ordinaires des mines de 2[e] classe, sont elevés à la 1[re] classe de leur grade.

Par arrêté du 29 *avril* 1847, — M. Renouf, ingénieur ordinaire des mines à Vicdessos (Ariége), est chargé du sous-arrondissement minéralogique composé des deux départements de l'Aveyron et du Lot, en remplacement de M. Senez.

Le chef-lieu de ce sous-arrondissement est transféré de Villefranche à Rodez.

Par arrêté du 29 *avril* 1847, — M. Gruner, ingénieur

ordinaire des mines de 1re classe, professeur à l'école des mineurs de Saint-Etienne, est appelé à remplir les fonctions d'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Guéret, en remplacement de M. Furgaud, décédé.

Par arrêté du 29 *avril* 1847, — M. Tournaire, élève-ingénieur des mines, est chargé provisoirement des fonctions de professeur de chimie et de métallurgie à l'école des mineurs de Saint-Etienne, en remplacement de M. Gruner.

Par arrêté du 29 *avril* 1847, — M. Trautmann, élève-ingénieur des mines, faisant par intérim le service du sous-arrondissement minéralogique d'Alais, est chargé de ce service à titre définitif.

Par arrêté du 29 *avril* 1847, — M. Benoit, élève-ingénieur des mines, est chargé provisoirement du sous-arrondissement de Carcassonne, en remplacement de M. Trautmann.

Par arrêté du 29 *avril* 1847, — M. Peschart d'Ambly, élève-ingénieur des mines, est chargé provisoirement du sous-arrondissement de Mézières, en remplacement de M. Reuss, décédé.

Par arrêté du 25 *juin* 1847, — MM. Chatelus, Ebelmen et Bertrand de Boucheporn, ingénieurs ordinaires des mines de 2e classe, sont élevés à la 1re classe de leur grade.

Par arrêté du 28 *juin* 1847, — le chef-lieu de l'arrondissement minéralogique, comprenant les départements du Nord et du Pas-de-Calais, est transféré de Douai à Valenciennes.

Par décision du sous-secrétaire d'Etat des travaux publics, du 13 *octobre* 1846 (1), — M. Couche, ingénieur des mines de 2e classe à Versailles, est chargé des conférences qui doivent avoir lieu sur les chemins de fer à l'Ecole royale des mines.

(1) Cette décision a été omise dans le tome X, 4e série, des *Annales*, qui contient les décisions rendues pendant le deuxième semestre de l'année 1846.

Par décision du 13 février 1847, — M. Garella, ingénieur en chef des mines de 2e classe, est mis à la disposition du ministre de la guerre, pour prendre la direction des mines de l'Algérie, en remplacement de M. Fournel, qui rentre en France.

Par décision du 23 avril 1847, — un congé de six mois, pour motif de santé, est accordé à M. Thibaud, ingénieur en chef des mines à Alais.

M. Thibaud sera suppléé, pendant ce temps, par M. Varin, ingénieur en chef des mines, en réserve, à Alais.

Par décision du 4 mai 1847, — M. Vène, ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Toulouse, est autorisé à transférer temporairement sa résidence à Vicdessos, pour diriger personnellement le service des mines de Rancié, confié précédemment à M. l'ingénieur Renouf, appelé à une autre destination.

Par décision du 8 juin 1847, — le service du sous-arrondissement minéralogique de Besançon est partagé entre MM. les ingénieurs Delesse et Guillebot de Nerville, le premier à la résidence de Vesoul, le second à la résidence de Dijon, lesquels en demeureront chargés pendant le congé de convalescence de quatre mois, accordé à M. Boyé.

Par décision du 9 juin 1847, — il est sursis à l'exécution de la décision qui charge M. l'ingénieur Gruner du service de l'arrondissement minéralogique de Guéret.

L'intérim de ce service sera fait, jusqu'à nouvel ordre, par M. Descottes, ingénieur ordinaire du sous-arrondissement de Tours.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

ÉTAT GÉNÉRAL DU PERSONNEL DES MINES
AU 1er JUILLET 1847.

M. H. JAYR (C ✻), *MINISTRE SECRÉTAIRE D'ÉTAT.*

M. LEGRAND (G O ✻), *SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT.*

ADMINISTRATION CENTRALE.

DIVISION DU PERSONNEL.

M. BIGARNE (O ✻), Chef de la division du Secrétariat général et du Personnel.

M. NANTA (N.), Chef de bureau.

DIVISION DES MINES.

M. DE CHEPPE (O ✻), Chef de division, Maître des requêtes.

1er *Bureau*. Recherche et concession des mines.—Études de terrains, topographies souterraines.—Surveillance des mines, minières, tourbières, carrières.—Sociétés anonymes et autres. — Secours, encouragements. — Machines et bateaux à vapeur.

M. JABINEAU ✻, Chef de bureau.

2e *Bureau*. Usines métallurgiques. — Réunion des documents statistiques sur les mines et usines.—Comptes rendus.—Annales des mines.—Cartes géologiques. —Collections.—Laboratoires de chimie.—Redevances des mines. — Questions de douanes, d'octrois. —Questions techniques, etc.

M. SALOMON ✻, Chef de bureau.

DIVISION DE LA COMPTABILITÉ.

M. GAUTHIER-DAGOTY ✻, Chef de division.

M. MARIN ✻, Chef de bureau.

CONSEIL GÉNÉRAL DES MINES.

Le Conseil est présidé par le Ministre, et, en son absence, par le Sous-Secrétaire d'État. MM. les Inspecteurs généraux, présents au Conseil, y prennent rang entre eux dans l'ordre d'ancienneté de nomination.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

MM.

CORDIER (C ✱), Pair de France, Conseiller d'État, Membre de l'Académie des Sciences, chargé de présider le Conseil en l'absence du Ministre et du Sous-Secrétaire d'État, rue Cuvier, n° 25.

DE BONNARD (C ✱), Membre de l'Académie des Sciences, rue Neuve-des-Mathurins, n° 6.

MIGNERON (O ✱), rue de Grenelle-Saint-Germain, n° 117.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

MM.

HÉRICART DE THURY (O ✱), Conseiller d'État, Membre de l'Académie des Sciences, quai d'Orsay, n° 3.

BERTHIER (O ✱), Membre de l'Académie des Sciences, rue Crébillon, n° 2.

GARNIER (O ✱), rue des Saints-Pères, n° 75.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX ADJOINTS.

MM.

CHÉRON (O ✱), rue Saint-Georges, n° 23.

DUFRÉNOY (O ✱), Membre de l'Académie des Sciences, rue d'Enfer, n° 34.

SECRÉTAIRE DU CONSEIL.

M. THIRRIA (O ✱), ingénieur en chef, rue de Vaugirard, n° 38.

COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR.

MM.

CORDIER (C ✻), Inspecteur général des Mines, Membre de l'Académie des Sciences, *Président*.

DE BONNARD (C ✻), Inspecteur général des Mines, Membre de l'Académie des Sciences.

KERMAINGANT (C ✻), Inspecteur général des Ponts-et-Chaussées.

GARNIER (O ✻), Inspecteur général des Mines.

LAMÉ ✻, Ingénieur en chef des Mines, Membre de l'Académie des Sciences.

MARY (O ✻), Ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées.

BINEAU ✻, Ingénieur en chef des Mines.

BÉLANGER ✻, Ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées.

REGNAULT ✻, Ingénieur ordinaire des Mines, Membre de l'Académie des Sciences.

COMBES (O ✻), Ingénieur en chef des Mines, Membre de l'Académie des Sciences, *Secrétaire*, rue de l'Ouest, 24.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

MM.

CORDIER (C ✻). Inspecteur général, *Président*.

DE BONNARD (C ✻), Inspecteur général.

MIGNERON (O ✻), *idem*.

HÉRICART DE THURY (O ✻), *idem*.

BERTHIER (O ✻), *idem*.

GARNIER (O ✻), *idem*.

CHÉRON (O ✻), Inspecteur général adjoint.

DUFRÉNOY (O ✻), *idem*, Professeur à l'École des Mines.

ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻), Ingénieur en chef, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'École des Mines.

COMBES (O ✻), Ingénieur en chef, Professeur à l'École des Mines.

THIRRIA (O ✻), *idem*, Secrétaire du Conseil général des Mines.

LE PLAY ✻, *idem*, Professeur à l'École des Mines.

DE CHEPPE (O ✻), Maître des requêtes, Chef de la division des Mines.

EBELMEN ✻, Ingénieur ordinaire, Professeur à l'École des Mines.

DE BOUREUILLE ✻, Ingénieur en chef, Chef de la division des Chemins de fer, *Secrétaire*, rue de l'Odéon, 28.

DEBETTE, Ingénieur ordinaire, *Secrétaire adjoint*, rue Notre-Dame-de-Lorette, 9.

COMMISSION DE STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

MM.

MIGNERON (O ✻), Inspecteur général, *Président*.

GARNIER (O ✻), Inspecteur général.

THIRRIA (O ✻), Ing. en chef, Secrétaire du Conseil général des Mines.

CHEVALIER (Michel) (O ✻), Ingénieur en chef, Conseiller d'État.

DE CHEPPE (O ✻), Chef de la division des Mines, Maître des requêtes.

LE PLAY ✻, Ingénieur en chef, *Secrétaire*, rue Belle-Chasse, 10.

INSPECTIONS GÉNÉRALES DU SERVICE DES MINES.

Désignation des inspections.	Départements qui composent chaque inspection.	Inspecteurs généraux.
		MM.
Nord.....	Seine, Seine-et-Oise, Loiret, Seine-et-Marne, Nord, Pas-de-Calais, Somme, Aisne, Oise.	Héricart de Thury (O ✱).
Nord-Est. .	Ardennes, Meuse, Marne, Aube, Yonne, Meurthe, Moselle, Bas-Rhin, Vosges, Haut-Rhin. . .	Garnier (O ✱).
Est......	Haute-Saône, Haute-Marne, Côte-d'Or, Saône-et-Loire, Ain, Doubs, Jura.	Dufrénoy (O ✱)
Centre....	Loire, Rhône, Cantal, Puy-de-Dôme, Haute-Loire, Cher, Allier, Nièvre.	Migneron (O ✱).
Sud-Est. . .	Bouches-du-Rhône, Vaucluse, Var, Basses-Alpes, Corse, Isère, Hautes-Alpes, Drôme, Ardèche, Lozère, Gard, Hérault, Aude, Pyrénées-Orientales.	De Bonnard (C ✱).
Sud-Ouest. .	Lot-et-Garonne, Dordogne, Corrèze, Lot, Aveyron, Tarn-et-Garonne, Tarn, Haute-Garonne, Ariége, Gironde, Landes, Basses-Pyrénées, Gers, Hautes-Pyrénées.	Cordier (C ✱).
Ouest.....	Vienne, Creuse, Haute-Vienne, Charente, Charente-Inférieure, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Indre, Loire-Inférieure, Vendée, Deux-Sèvres, Maine-et-Loire.	Berthier (O ✱).
Nord-Ouest.	Seine-Inférieure, Eure, Eure-et-Loir, Manche, Calvados, Orne, Sartoe, Mayenne, Ille-et-Vilaine, Côtes-du-Nord, Morbihan, Finistère.	Chéron (O ✱).

TABLEAU DU SERVICE DES MINES

AR DIVISIONS, ARRONDISSEMENTS ET SOUS-ARRONDISSEMENTS MINÉRALOGIQUES.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscription des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
		DIVISION DU NORD.	
		M. Héricart de Thury (O ✱), Inspecteur général de 2ᵉ classe.	
		Arrondissement de Paris.	
		M. Juncker (O ✱), Ingénieur en chef, 1ʳᵉ classe.	
De Fourcy, 1ʳᵉ cl. Sentis, 2ᵉ cl.	Paris.	Seine	
		Arrondissement de Versailles.	
		M. Lorieux ✱, Ingénieur en chef, 2ᵉ classe.	
Couche, 2ᵉ cl. . . .	Versailles. . . .	Seine-et-Oise	Moklin, 3ᵉ cl. Thouvenin, 4ᵉ cl.
De Chancourtois, 2ᵉ cl.	Orléans.	Loiret.	
Gentil, 2ᵉ cl.	Paris.	Seine-et-Marne. . .	Makowiecki, 3ᵉ cl.
		Arrondissement de Valenciennes.	
		M. Boudousquié ✱, Ing. ord. 1ʳᵉ cl. f. f. d'Ing. en chef.	
Meugy, 2ᵉ cl. . . .	Lille.	Nord.—Moins les app. à vapʳ du territ. d'Avesnes.	
Comte, 2ᵉ cl.	Valenciennes. .	Nord.—Y comp. le bassin houiller de Valenciennes.	Lévy, 2ᵉ cl.
Service fait par l'ing. en chef.	Douai.	Nord. — Y compris le serv. des mach. à vapʳ du territoire d'Avesnes.	Ilnicki, 2ᵉ cl.
Dusouich, 1ʳᵉ cl. . .	Arras.	Pas-de-Calais.	
		Arrondissement d'Amiens.	
		M. Lefebvre ✱, Ingénieur en chef, 1ʳᵉ classe.	
Service fait par l'ing. en chef.	Amiens.	Somme.	
Piérard, 2ᵉ cl. (prov.)	Beauvais.	Aisne. Oise.	

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscription des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
DIVISION DU NORD-EST.			
M. Garnier (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Troyes.			
M. Reverchon ✻, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Peschart d'Ambly, cl. 1re cl.	Mézières.	Ardennes . . . . . . Meuse.	Kienski, 4e cl. Brisset, 4e cl. Huppé, 4e cl.
Service fait par l'ing. en chef. . .	Troyes.	Marne. . . . . Aube. . . . . Yonne.	Ducas, 3e cl. Pestelard, 4e cl.
Arrondissement de Nancy.			
M. Levallois ✻, Ingénieur en chef, 1re classe.			
Jacquot, 2e cl. . . .	Metz.	Meurthe. . . . . . . Moselle	Rymkiewicz, 4e cl. Gérard, 4e cl.
Arrondissement de Strasbourg.			
M. de Billy ✻, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Daubrée, 2e cl. . . .	Strasbourg. . .	Bas-Rhin	Lebas, 3e cl.
Furiet, 2e cl.	Colmar.	Haut-Rhin. . . . . . Vosges.	Durrbach, 2e cl. Audoire, 4e cl.
DIVISION DE L'EST.			
M. Dufrénoy (O ✻), Inspecteur général adjoint.			
Arrondissement de Vesoul.			
M. Guillot-Duhamel, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Delesse, 2e cl. . . .	Vesoul.	Haute-Saône. . . .	Paufert, 3e cl. Mallet, 4e cl.
Service fait par l'ing. en chef.	Chaumont. . . .	Haute-Marne	Chambrette, 4e cl. Roze, 4e cl.
Guillebot de Nerville, 2e cl.	Dijon.	Côte-d'Or.	Tournois, 3e cl. Lauchet, 4e cl.
Arrondissement de Mâcon.			
M. Drouot ✻, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Service fait par l'ing. en chef.	Châlon.	Saône-et-Loire. . . Ain.	Mairet, 3e cl. Heuret, 3e cl.
Boyé, 2e cl.	Besançon. . . .	Doubs. Jura.	

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscription des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
DIVISION DU CENTRE.			
M. MIGNERON (O ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Saint-Étienne.			
M. DELSÉRIÈS ✻, Ingénieur en chef, 1re classe.			
Mœvus, 1re cl. . . .	Saint-Étienne. .	Loire.—Moins le territ. houiller de Rive-de-Gier.	Koss, 1re cl. . . . , 4e cl.
Houpeurt, aspir. .	Rive-de-Gier. . .	Loire.—Territ. houiller de Rive-de-Gier et concession de St-Chamond.	Bayon ✻, 1re cl. Legrand, 2e cl.
Pigeon, 2e cl. . . .	Lyon.	Rhône.	Blanpied, 1re cl.
Arrondissement de Clermont.			
M. BURDIN ✻, Ingénieur en chef, 1re classe, directeur.			
M. BAUDIN ✻, Ingénieur en chef, 2e classe, spécialement chargé des trois départements de l'Allier, du Cher et de la Nièvre.			
Gauldrée-Boilleau, élève h. de conc. .	Clermont. . . .	Cantal. Puy-de-Dôme. . . . Haute-Loire.	Jusseraud, 1re cl.
Service fait par M. Baudin	Moulins.	Allier.	Faugière, 3e cl.
Bertera, 2 cl.	Bourges.	Cher. . . . . Nièvre.	Briotet, 3e cl. Skoczynski, 4e cl.
DIVISION DU SUD-EST.			
M. DE BONNARD (C ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Grenoble.			
M. GUEYMARD (O ✻), Ingénieur en chef, 1re classe, directeur.			
M. GRAS ✻, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Diday, 1re cl. . . .	Marseille. . . .	Bouches-du-Rhône. Vaucluse.	Grand, 2e cl.
Meissonnier, 2e cl. .	Draguignan. . .	Var. Basses-Alpes. Corse.	
Service fait par M. Gras.	Grenoble. . . .	Isère. . . . . Hautes-Alpes . . . . Drôme.	Bernard, 2e cl. Mercanton, 3e cl. Albert, 3e cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscription des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
DIVISION DU SUD-EST (*suite*).			
Arrondissement d'Alais.			
M. THIBAUD ✻, Ingénieur en chef, 1re cl.			
Trautmann, élève 1re cl.	Alais.	Ardèche. Lozère. Gard. { Arr. de s.-préf. d'Alais.	Barnier, 4e cl.
Dupont, 2e cl.	Montpellier.	Gard. { Arr. des s.-préf. de Nîmes, d'Uzès et du Vigan. Hérault.	Rouët, 4e cl.
Benoit, élève 1re cl.	Carcassonne.	Aude. Pyrénées-Orientales.	Dziedzicki, 2e cl.
DIVISION DU SUD-OUEST.			
M. CORDIER (C ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Périgueux.			
M. MARROT ✻, Ingénieur en chef, 2e cl.			
Bochet, élève, 1re cl.	Périgueux.	Dordogne. Lot-et-Garonne. Corrèze.	Laurent, 3e cl. Orlowski, 2e cl.
Renouf, 2e cl.	Rodez.	Lot. Aveyron.	Bernard (A.), 1re cl.
Arrondissement de Toulouse.			
M. VÈNE ✻, Ingénieur en chef, 2e cl.			
De Boucheporn ✻, 1re cl.	Toulouse.	Tarn-et-Garonne. Tarn. Haute-Garonne.	
Service fait prov. par l'ing. en chef.	Vic-Dessos.	Ariége.	
Arrondissement de Bordeaux.			
M. MANÈS ✻, Ingénieur en chef, 2e cl.			
Service fait par l'ing. en chef.	Bordeaux.	Gironde.	Canaly, 3e cl.
Bossey, aspir.	Pau.	Basses-Pyrénées. Landes. Gers. Hautes-Pyrénées.	

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscription des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
DIVISION DE L'OUEST.			
M. Berthier (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Guéret.			
M.			
Service fait par l'ing. en chef.	Guéret.	Vienne. . . . . Creuse. Haute-Vienne.	Pogonowski, 4e cl.
		Charente. . . . . Charente-Inférieure.	Roy, 2e cl. . . . .
Descottes, 2e cl. .	Tours.	Indre-et-Loire. . . . Loir-et-Cher. Indre.	Laplanche, 3e cl.
Arrondissement de Nantes.			
M. Senez ✻, ing. ord. 1re cl., f. f. d'ing. en chef.			
De Chancourtois, 2e cl. (prov.). . .	Nantes.	Loire-Inférieure. . . Vendée. Deux-Sèvres.	Wolski, 1re cl.
Cacarrié, 2e cl. . .	Angers.	Maine-et-Loire. . . .	Barret de Besse, 3e cl. Cherbonneau, 5e cl.
DIVISION DU NORD-OUEST.			
M. Chéron (O ✻), Inspecteur général adjoint.			
Arrondissement de Rouen.			
M. de Saint-Léger ✻, Ingénieur en chef, 2e cl.			
Service fait par l'ing. en chef.	Rouen.	Seine-Inférieure. . . Eure. Eure-et-Loir.	Slawecki, 2e cl. Gosselin, 4e cl.
Harlé, 1re cl.	Caen.	Manche. Calvados. . . . . . . Orne.	Dunowski, 2e cl.
Arrondissement de Laval.			
M. de Hennezel ✻, Ing. ord. 1re cl., f. f. d'Ing. en chef.			
Service fait par M. de Hennezel.	Le Mans. . . .	Sarthe. . . . . Mayenne.	Mizlewicz, 4e cl.
Durocher, 2e cl. . .	Rennes.	Ille-et-Vilaine. . . . Côtes-du-Nord. Morbihan. Finistère.	Lalouette-Aljoar, 4e cl.

SERVICES SPÉCIAUX ET SERVICES DIVERS.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidence.	Gardes-mines.
Service central de la partie métallurgique et de l'exploitation des chemins de fer.			
Bineau ✻, 2e cl. . .	Boulanger, 1re cl. Piérard, 2e cl. . .	Paris.	
Surveillance des machines à vapeur dans le département de la Seine.			
Combes (O ✻), 1re cl.	De Sénarmont ✻, 1re cl.	Paris.	Rosset, 2e cl. Fragonard, 2e cl. Bougarel, 3e cl.
Carrières de Paris et du département de la Seine.			
Juncker (O ✻), 1re cl., d. n.	De Fourcy, 1re cl., d. n. . . . . . . Sentis, 2e cl., d. n.	Paris.	
Travaux de consolidation des carrières sous la ville de Fécamp (Seine-Inférieure).			
De Saint-Léger ✻, 2e cl., d. n. . . .	L'ing. ord. du sous-arrondissement de Caen. .	Rouen	Gosselin, 4e cl., d. n.
Études géologiques et météorologiques sur les torrents des Alpes (Dép. : Isère, Drôme, Basses-Alpes, Hautes-Alpes).			
Gueymard (O ✻), 1re cl., dir., d. n. . Gras ✻, 2e cl., d. n.	. . . .	Grenoble	Les Gardes-mines des départements de l'Isère et des H.-Alpes.
Topographie du bassin houiller de Valenciennes (Nord).			
Boudousquié ✻, Ing. ord. 1re cl., f. f. d'ing. en ch., d.n.	Comte, 2e cl., d. n.	Valenciennes. .	Lévy, 2e cl., d. n.
Topographie du bassin houiller d'Aubin (Aveyron).			
Marrot ✻, 2e cl., d. n.	Reneuf, 2e cl., d. n.	Rodez.	Bernard (A.), 1re cl. d. n.
Étude des terrains composant le bassin houiller d'Autun (S.-et-L.).			
Drouot ✻, 2e cl., d.n.	. . . .	Châlon.	Heuret, 3e cl., d. n.
Topographie du terrain d'anthracite de Sarthe et Mayenne.			
De Hennezel ✻, Ing. ord. 1re cl., f. f. d'ing. en ch. d. n.	. . . .	Le Mans. . . .	Mizlewicz, 6e cl. d. n.

CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

Ingénieurs des mines chargés de la surveillance des chemins de fer, en exécution de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846.

DÉSIGNATION des chemins de fer.	NOMS ET GRADES des Ingénieurs.	RÉSIDENCES.
Abscon et Denain à Anzin.	Boudousquié ✻, f. f. d'ing. en ch.	Valenciennes.
	Comte, Ing. ord. 2e cl.	
Amiens à Boulogne (*Section d'Amiens à Abbeville.*).	Bineau ✻, Ing. en ch. 2e cl.	Paris.
	Piérard, Ing. ord. 2e cl.	
Andrezieux à Roanne et embranchement de Montrond.	Delsériès ✻, Ing. en ch. 1re cl.	Saint-Étienne.
	Mœvus, Ing. ord. 1re cl.	
Bordeaux à La Teste	Manès ✻, Ing. en ch. 2e cl.	Bordeaux.
Beaucaire à Alais et à la Grand' Combe.	Dupont, Ing. ord. 2e cl.	Montpellier.
Montpellier à Cette.		
Mulhouse à Thann.	De Billy ✻, Ing. en ch. 2e cl.	Strasbourg.
	Furiet, Ing. ord. 2e cl.	Colmar.
Nîmes à Montpellier.	Dupont, Ing. ord. 2e cl.	Montpellier.
Orléans à Tours.	Descottes, Ing. ord. 2e cl.	Tours.
Orléans à Vierzon et à Bourges.	Bertera, Ing. ord. 2e cl.	Bourges.
Paris en Belgique.	Bineau ✻, Ing. en ch. 2e cl.	Paris.
	Piérard, Ing. ord. 2e cl.	
Paris à Orléans (et emb. de Corbeil).	Bineau ✻, Ing. en ch. 2e cl.	Paris.
Paris à Rouen	Boulanger, Ing. ord. 1re cl.	
Paris à Saint-Germain.		
Paris à Sceaux.		
Paris à Versailles (rive droite et rive gauche.)		
Rouen au Havre.		
Strasbourg à Bâle.	De Billy ✻, Ing. en ch. 2e cl.	Strasbourg.
	Furiet, Ing. ord. 2e cl.	Colmar.
Saint-Étienne à Lyon et à Andrezieux.	Delsériès ✻, Ing. en ch. 1re cl.	Saint-Étienne.
	Mœvus, Ing. ord. 1re cl.	Saint-Étienne.
	Pigeon, Ing. ord. 2e cl.	Lyon.

APPAREILS A VAPEUR.

M. Moisson-Desroches, Ingénieur en chef 1re cl., chargé de coordonner, pour les publications annuelles, les documents statistiques transmis à l'Administration relativement aux appareils à vapeur.

INGÉNIEURS ATTACHÉS A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

MM. Lamé ✻, Ing. en ch. 1re cl. (Examinateur).
De Sénarmont ✻, Ing. ord. 1re cl. (Examinateur).
Regnault ✻, Ing. ord. 1re cl. (Professeur).

MM. Transon, ing. ordin. 2e cl. (Répétiteur).
Delaunay, ingén. ord. 2e cl. (Répétiteur).
Bertrand, él. h. d. c. (Répét.)

INGÉNIEURS ATTACHÉS AU SERVICE DES MINES EN ALGÉRIE SOUS LES ORDRES DU MINISTRE DE LA GUERRE.

MM. Garella (O ✻), Ingénieur en chef 2e cl. . . . . .
Ville, Ingénieur ordinaire 2e cl. . . . . } à Alger.
Dubocq, Aspirant-Ingénieur . . . .

INGÉNIEUR ATTACHÉ AU DÉPARTEMENT DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE (Eaux thermales).

M. François ✻, Ingénieur ordinaire 1re cl., à Carcassonne.

MANUFACTURE ROYALE DES PORCELAINES DE SÈVRES.

MM. Brongniart (O ✻), Ingénieur en chef 1re cl., à Sèvres.
Ebelmen ✻, Ingénieur ordinaire 1re cl.

ÉTABLISSEMENT DE DECAZEVILLE (Aveyron).

M. Declerk, Ingénieur ordinaire 2e cl., à Decazeville.

COMPAGNIE DES MINES D'ANZIN (Nord).

M. Blavier ✻, Ingénieur en chef 2e cl., à Anzin.

INGÉNIEURS ATTACHÉS A DES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER.

MM. Clapeyron ✻, Ing. en ch. 2e cl.	Ligne de Paris en Belgique. Chemin de Paris à Saint-Germain.
Fournel (O ✻), Ing. en ch. 2e cl.	Chemin de Paris en Belgique.
Le Châtelier, Ing. ordin. 2e cl.	Ligne de Paris à Orléans et à Vierzon.
Sauvage ✻, Ing. ordin. 2e cl.	Ligne de Paris à Strasbourg. (*Embranchement de Frouard à Sarrebruck.*)
Audibert, Ing. ordin. 2e cl.	Chemin de Lyon à Avignon.

CARTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE DE LA FRANCE.

M. DUFRÉNOY (O ✻), Inspect. gén. adjoint, chargé de la partie occidentale.
M. ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻), Ingénieur en chef, chargé de la partie orientale.

CARTES GÉOLOGIQUES DÉPARTEMENTALES.

Départements.	Ingénieurs. MM.
Ardèche	VARIN.
Ariége	François ✻.
Aude	VÈNE ✻.
Aveyron	Renouf.
Doubs	Boyé.
Gironde	Pigeon.
Ille-et-Vilaine	Durocher.
Indre	Sagey.
Jura	Delesse.
Loire	Gruner.
Loire-Infér.	Durocher.
Loiret	Lefébure de Fourcy.
Lot	Bochet.
Marne	Sauvage ✻.
Marne (Haute-)	GUILLOT-DUHAMEL.
Meurthe	LEVALLOIS ✻.
Morbihan	Lefébure de Fourcy.
Charente	MANÈS ✻.
Cher	Boulanger. Bertera.
Corrèze	De Boucheporn ✻.
Dordogne	MARROT ✻.
Moselle	REVERCHON.
Nièvre	Bertera.
Pas-de-Calais	Dusouich.
Puy-de-Dôme	BAUDIN.
Pyrénées (Basses-)	Bossey.
Pyrénées (Hautes-)	VÈNE ✻.
Rhin (Bas-)	Daubrée.
Rhône	Pigeon.
Saône-et-Loire	MANÈS ✻.
Sèvres (Deux-)	Cacarrié.
Tarn	De Boucheporn ✻.
Var	De Villeneuve ✻.
Vosges	DE BILLY ✻.

INGÉNIEURS EN SERVICE EXTRAORDINAIRE HORS DE FRANCE.

M. Lambert (C.-J.) ✻, Ing. ord. 1re cl. (Égypte).
M. De Marignac, Élève (Suisse).

INGÉNIEURS EN DISPONIBILITÉ, EN RÉSERVE OU EN CONGÉ.

MM.	
VARIN	Ing. en ch. 2e cl.
Gervoy ✻	Ing. ord. 1re cl.
Sagey	Ing. ord. 1re cl.
De Villeneuve ✻	Ing. ord. 1re cl.
Chatelus	Ing. ord. 2e cl.
De Lamotte	Ing. ord. 2e cl.
Lecocq	Ing. ord. 2e cl.
Martha-Becker	Ing. ord. 2e cl.
Piot	Ing. ord. 2e cl.
Reynaud	Ing. ord. 2e cl.
Bertrand	Élève-Ingén.

PROMOTIONS

DU 1er JUILLET 1846 AU 1er JUILLET 1847.

PROMOTION D'INGÉNIEUR ORDINAIRE DE 1re CLASSE AU GRADE D'INGÉNIEUR EN CHEF DE 2e CLASSE.

Ordonnance du roi, du 10 février 1847.

Baudin.

PROMOTION D'INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 2e CLASSE A LA 1re CLASSE.

Arrêté du ministre des travaux publics, du 8 mars 1847.

Dusouich.
Diday.
Mœvus.

Arrêté du ministre des travaux publics, du 25 juin 1847.

Chatelus.
Ebelmen ✻.
De Boucheporn ✻.

PROMOTIONS D'ASPIRANTS-INGÉNIEURS AU GRADE D'INGÉNIEUR ORDINAIRE DE 2e CLASSE.

Ordonnance du roi, du 8 octobre 1846.

Ville.
Gentil.

Ordonnance du roi, du 10 février 1847.

Debette.
Bertera.
Bayle.
De Chancourtois
Renouf.

PROMOTION D'ÉLÈVES AU GRADE D'ASPIRANT-INGÉNIEUR.

Arrêté du Ministre des travaux publics, du 15 janvier 1847.

Rivot.
Phillips.
Houpeurt.

ÉCOLE ROYALE DES MINES.

RUE D'ENFER, N° 34.

ADMINISTRATION.

M. Dufrénoy (O ❋), Inspecteur général adjoint, Inspecteur des études.

ENSEIGNEMENT.

MM.		
Dufrénoy (O ❋), Insp. gén. adjoint.	Professeur.	Minéralogie.
Élie de Beaumont (O ❋), Ing. en chef 1re cl.	*idem.*	Géologie.
Combes (O ❋), Ing. en chef 1re cl.	*idem.*	Exploitation.
Le Play ❋, Ing. en chef 2e cl.	*idem.*	Minéralurgie.
Ebelmen ❋, Ing. ord. 1re cl., Chef du laboratoire.	*idem.*	Docimasie.
Couche, Ing. ord. 2e classe.	*idem.*	Conférences sur les chemins de fer.
Delaunay, Ing. ordin. 2e cl.	*idem.*	Dessin et Géométrie descript. appliquée.

Rivot, Aspirant. — Chargé de la direction des travaux du laboratoire, et d'un Cours de Chimie préparatoire pour les Élèves externes.
Chancel, Aide du laboratoire.

M. Berthier (O ❋), Inspecteur général 2e classe, Professeur honoraire.

COLLECTIONS, BIBLIOTHÈQUE.

MM.
Dufrénoy (O ❋), Inspecteur général adjoint, Conservateur.
Bayle, Ingénieur ordinaire 2e cl., Adjoint au Conservateur.
Pomel, Garde-mines 3e classe. — Collections de géologie et de fossiles.
Adelmann, Gardien des collections.
Micheleau, Gardien de la bibliothèque.
Vacher, commis expéditionnaire.
Nanta (Jules), *idem.*

BUREAU D'ESSAIS POUR LES SUBSTANCES MINÉRALES.

MM.
Ebelmen ❋, Ingénieur ordinaire 1re classe, d. n., Chef.
Rivot, Aspirant, d. n. — Chargé de la direction des essais.
Chancel, d. n., Aide du laboratoire.

SERVICE DE SANTÉ.

M. Lacroix (O ❋), Médecin-Chirurgien.

CONSEIL DE L'ÉCOLE DES MINES.

Le Conseil de l'École est présidé par le Sous-Secrétaire d'État.

MM.
CORDIER (C ✻), Inspecteur général, *Vice-Président*.
DE BONNARD (C ✻), *idem*.
MIGNERON (O ✻), *idem*.
HÉRICART DE THURY (O ✻), *idem*.
BERTHIER (O ✻), *idem*.
GARNIER (O ✻), *idem*.
CHÉRON, (O ✻), Inspecteur général adjoint.
ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻), Ing. en chef, Professeur.
COMBES (O ✻), *idem*, *idem*.
LE PLAY ✻, *idem*, *idem*.
EBELMEN ✻, Ing. ordin. *idem*.
DUFRÉNOY (O ✻), Inspecteur général adjoint, *Secrétaire*

ÉLÈVES INGÉNIEURS DES MINES.

ÉLÈVES DE PREMIÈRE CLASSE.

9 janvier 1846.

MM.
Trautmann.
Bochet.

30 avril 1847.

Benoit.
Tournaire.
Peschart d'Ambly.
Labrosse Luuyt.

ÉLÈVES DE DEUXIÈME CLASSE.

18 novembre 1845.

Roger.
Bère.
Commines de Marsilly.
Lamé-Fleury.
Arnoux.

31 octobre 1846.

Moutard.
Sens.
Méniolle de Cizancourt.
Flajolot.
Jutier.
Hanet-Cléry.

ÉCOLE DES MINEURS DE SAINT-ÉTIENNE

(Département de la Loire).

ADMINISTRATION.

MM.
Roussel-Galle ✻, Ing. en chef 1re cl., Directeur de l'École.

ENSEIGNEMENT.

Fénéon, Ing. en chef 2e cl.	Professeur.	Minéralogie et Géologie.
Gruner, Ing. ord. 1re cl. .	*idem.*	Chimie et Métallurgie.
Phillips, Aspirant	*idem.*	Préparation mécanique et Machines; Exploitation et Construction.
Janicot, Répétiteur de chimie, Préparat. .		Arithmétique et Comptabilité.
Duhaut, Répétiteur, 1er Surveillant des études.		Géométrie, Levé de plans et Dessin.

Buffenoir, Répétiteur, 2e Surveillant des études.

CONSEIL DE L'ÉCOLE.

Le conseil de l'École est composé de l'Ingénieur en chef, Directeur, et des trois Ingénieurs chargés de l'enseignement.

ÉCOLE DES MAITRES-OUVRIERS-MINEURS D'ALAIS

(Département du Gard).

Cette École est placée sous l'Inspection de M. l'Ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique d'Alais.

MM.
Callon, Ing. ordin. 2e cl. . . . . Directeur de l'École.
Vallée, garde-mines, 2e cl. . . . Répétiteur, 1er Sous-Maître.
N. . . . . *idem.* . . . . Répétiteur, 2e Sous-Maître.
Decaux. . . . . Surveillant des études.

TABLEAU PAR ANCIENNETÉ,

DANS CHAQUE GRADE ET DANS CHAQUE CLASSE,

DES INGÉNIEURS DES MINES EN ACTIVITÉ OU EN DISPONIBILITÉ.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

27 avril 1832.
Cordier (C ✱).

14 septembre 1835.
De Bonnard (C ✱).

20 mai 1840.
Migneron (O ✱).

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

16 mai 1834.
Héricart de Thury (O ✱).

22 décembre 1836.
Berthier (O ✱).

5 août 1846.
Garnier (O ✱).

INSPECTEURS GÉNÉRAUX ADJOINTS.

6 décembre 1840.
Chéron (O ✱).

21 avril 1846.
Dufrénoy (O ✱).

INGÉNIEURS EN CHEF DE PREMIÈRE CLASSE.

2 août 1828.
Brongniart (O ✱).

26 décembre 1836.
Gueymard (O ✱), Directeur.
Roussel-Galle ✱.
Delsériès ✱.

26 janvier 1839.
Élie de Beaumont (O ✱).
Burdin ✱, directeur.

5 mai 1840.
evallois ✱.

10 mai 1841.
Juncker (O ✱).

11 mars 1842.
Moisson-Desroches.
Thirria (O ✱).

26 décembre 1846.
Lefebvre ✱.
Thibaud ✱.
Lamé ✱.
Combes (O ✱).

INGÉNIEURS EN CHEF DE DEUXIÈME CLASSE.

21 septembre 1837.

Clapeyron ✻.

15 janvier 1839.

Manès ✻.
Marrot ✻.

15 juillet 1839.

Lorieux ✻.

7 mai 1840.

Blavier ✻.
Fénéon.
De Billy ✻.

29 juillet 1840.

Bineau ✻.
Le Play ✻.

9 décembre 1840.

Chevalier (Michel) (O ✻).

18 mars 1842.

De Saint-Léger ✻.
Varin.

1er mai 1843.

Vène ✻.

5 janvier 1844.

Fournel (O ✻).
Garella (O ✻).

1er janvier 1845.

Drouot ✻.

1er décembre 1845.

Guillot-Duhamel.
Gras ✻.
Reverchon ✻.
De Boureuille ✻.

10 février 1847.

Baudin.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE PREMIÈRE CLASSE.

26 décembre 1836.

De Villeneuve ✻.

26 janvier 1839.

Sagey.
Gervoy ✻.

10 mai 1841.

Boudousquié ✻.
De Sénarmont ✻.
Gruner.
Senez ✻.

23 décembre 1845.

Lambert ✻.
De Hennezel ✻.
Boulanger.
Harlé.
François ✻.
Lefébure de Fourcy.
Regnault ✻.

8 mars 1847.

Dusouich.
Diday.
Mœvus.

25 juin 1847.

Chatelus.
Ebelmen ✻.
Bertrand de Boucheporn ✻.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE DEUXIÈME CLASSE.

4 juillet 1830.

Reynaud.
Transon.

1er novembre 1833.

Vergnette de Lamotte.

29 juin 1836.

Harthe-Bucher.
Lecocq.

30 janvier 1839.

Declerck.
Sauvage ✠.

7 mai 1840.

Dambrée.
Pigeon.

25 mai 1841.

Sentis.
Callon.
Le Châtelier.

18 mars 1842.

Couche.
Comte.

25 juin 1843.

Durocher.
Guillebot de Nerville.
Boyé.
Delaunay.

15 juin 1844.

Cacarrié.
Piérard.
Piot.

12 avril 1845.

Audibert.
Jacquot.
Delesse.
Descottes.
Dupont.
Meugy.
Furiet.
Meissonnier.

8 octobre 1846.

Ville.
Gentil.

10 février 1847.

Debette.
Bertera.
Bayle.
De Chancourtois.
Renouf.

ASPIRANTS-INGÉNIEURS.

2 mars 1846.

Dubocq.

13 juin 1846.

Bonnay.

15 janvier 1847.

Rivot.
Phillips.
Houpeurt.

ÉLÈVES-INGÉNIEURS HORS DE CONCOURS.

23 mai 1846.

Bertrand.

1er juin 1847.

Gauldrée-Boilleau.

LISTE GÉNÉRALE
ET ALPHABÉTIQUE
DES INGÉNIEURS DES MINES
EN ACTIVITÉ OU EN DISPONIBILITÉ.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
A		
Ambly. *Voir* Peschart.		
Arnoux.	élève 2e cl.	A l'École.
Audibert.	ing. ord. 2e cl.	*Chemin de fer concédé de Lyon à Avignon.*
B		
Baudin	ing. en ch. 2e cl.	Moulins. – Div. du centre.
Bayle.	ing. ord. 2e cl.	Paris.—École des mines.
Beaumont (de). *Voir* Elie.		
Benoit.	élève 1re cl.	Carcassonne.—Div. du sud-est.
Bère.	élève 2e cl.	A l'École.
Bertera.	ing. ord. 2e cl.	Bourges.—Div. du centre et serv. ex.
Berthier (O ✻).	insp. gén. 2e cl.	Paris.—Division de l'ouest.
Bertrand.	élève hors de conc.	École polytechnique.
Bertrand de Boucheporn ✻.	ing. ord. 1re cl.	Toulouse. – Div. du sud-ouest.
Billy (de) ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Strasbourg. — Div. du nord-est et serv. extr.
Bineau ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Paris.— Serv. spécial.
Blavier ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Mines d'Anzin. (Service spécial.)
Bochet.	élève 1re cl.	Périgueux.—Div. du sud-ouest.
Boilleau. *V.* Gauldrée.		
Bonnard (de) (C ✻).	insp. gén. 1re cl.	Paris.—Division du sud-est.
Bossey.	aspirant.	Pau —Div. du sud-ouest.
Boucheporn (de). *Voir* Bertrand.		
Boudousquié ✻.	ing. ord. 1re cl. (f. f. d'ing. en ch.)	Valenciennes. — Div. du nord et serv. extr.
Boulanger.	ing. ord. 1re cl.	Paris.—Service spécial.
Boureuille (de) ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Paris.—Adm. centrale et comm. des Ann. des mines.
Boyé.	ing. ord. 2e cl.	Besançon.—Div. de l'est.
Brongniart (O ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Serv. extr. (Manuf. de Sèvres).
Burdin ✻.	ing. en ch. 1re cl. dir.	Clermont.—Div. du centre.
C		
Cacarrié.	ing. ord 2e cl.	Angers.—Div. de l'ouest.
Callon.	ing. ord. 2e cl.	Alais.—École des maîtres ouv.-min.
Chancourtois (de).	ing ord. 2e cl.	Orléans. – Div. du nord.
Chatelus.	ing. ord. 1re cl.	En congé.
Chéron (O ✻).	insp. gén. adj.	Paris.—Division du nord-ouest.
Chevalier (Mich.) (O ✻).	ing. en ch. 2e cl.	Paris.—Comm. de statistique de l'industrie minérale.
Clapeyron ✻.	ing. en ch. 2e cl.	*Ch. de fer concédés de Paris en Belgique et de Paris à St-Germain.*

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Cléry. *Voir* Hanet.		
Combes (O ✱)	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Ecole des min. et serv. spéc.
Commines de Marsilly.	élève 2e cl.	A l'école.
Comte	ing. ord. 2e cl.	Valenciennes. – Div. du nord et s. ex.
Cordier (C ✱)	insp. gén. 1re cl.	Paris.—Division du sud-ouest.
Couche	ing. ord. 2e cl.	Versailles.—Div. du nord et Éc. des mines.
Cizancourt (de). *Voir* Méniolle.		
D		
Daubrée	ing. ord. 2e cl.	Strasbourg.—Div. du nord-est.
Debette	ing. ord. 2e cl.	Paris.—Comm. des Ann. des mines.
Declerk	ing. ord. 2e cl.	Serv. part. (Decazeville).
Delamotte. *Voir* Vergnette.		
Delaunay	ing. ord. 2e cl.	Paris.—École des mines et Éc. polyt.
Delesse	ing. ord. 2e cl.	Vesoul.—Div. du nord-est.
Delsériès ✱	ing. en ch. 1re cl.	Saint-Etienne.—Div. du centre et serv. extr.
Descottes	ing. ord. 2e cl.	Tours.—Div. de l'ouest et serv. extr.
Desroches. *V.* Moisson.		
Diday	ing. ord. 1re cl.	Marseille.—Div. du sud-est.
Drouot ✱	ing. en ch. 2e cl.	Châlon.—Div. de l'est et serv. extr.
Dubocq	aspirant	Algérie.
Dufrénoy (O ✱)	inspect. gén. adj.	Paris.—Div. de l'est et Éc. des min.
Duhamel. *V.* Guillot.		
Dupont	ing. ord. 2e cl.	Montpellier.-Div. du sud-est et s. ex.
Durocher	ing. ord. 2e cl.	Rennes. – Div. du nord-ouest.
Dusouich	ing. ord. 1re cl.	Arras.—Div. du nord.
E		
Ebelmen ✱	ing. ord. 1re cl.	Paris.—Éc. des mines et serv. part.
Elie de Beaumont (O ✱).	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—École des mines.
F		
Fénéon	ing. en ch. 2e cl.	Saint-Étienne. – École des mineurs.
Flajolot	élève 2e cl.	A l'École.
Fleury. *Voir* Lamé.		
Fourcy (de). *Voir* Lefébure.		
Fournel (O ✱)	ing. en ch. 2e cl.	*Chemin de fer concédé de Paris en Belgique.*
François ✱	ing. ord. 1re cl.	Minist. de l'agr. et du comm. (eaux thermales).
Furiet	ing. ord. 2e cl.	Colmar.–Div. du nord-est et serv. ex.
G		
Galle. *Voir* Roussel.		
Gallissart de Marignac.	élève	En congé (Suisse).
Garella (O ✱)	ing. en ch. 2e cl.	Algérie.
Garnier (O ✱)	insp. gén. 2e cl.	Paris.—Division du nord-est.
Gauldrée-Boilleau.	élève hors de c.	Clermont. – Div. du centre.
Gentil	ing. ord. 2e cl.	Paris.—Div. du nord.
Gervoy ✱	ing. ord. 1re cl.	En congé.
Gras ✱	ing. en ch. 2e cl.	Grenoble.-Div. du sud-est et serv. ex.
Gruner	ing. ord. 1re cl.	Saint-Etienne.—Ecole des mineurs.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
ueymard (O ✻). . . .	ing.en ch. 1re cl. dir.	Grenoble.—Div. du sud-est et serv. ext.
uillebot de Nerville. .	ing. ord. 2e cl. . .	Dijon.—Div. de l'est.
uillot-Duhamel. . . .	ing. en ch. 2e cl. .	Chaumont.—Division de l'est.
H		
anet-Cléry.	élève 2e cl.	A l'École.
arlé.	ing. ord. 1re cl. . .	Caen.—Division du nord-ouest et serv. ext.
ennezel (de) ✻. . . .	ing. ord. 1re cl. . .	Le Mans.—Div. du nord-ouest.
éricart de Thury (O✻)	insp. gén. 2e cl. . .	Paris.—Division du nord.
oupeurt.	aspirant.	Rive-de-Gier.—Div. du centre.
ureau de Sénarmont ✻.	ing. ord. 1re cl. . .	Paris.—Serv. spécial et École polyt.
J		
cquot.	ing. ord. 2e cl. .	Metz.—Div. du nord-est.
ncker (O ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Div. du nord et serv. spéc.
tier.	élève 2e cl.	A l'École.
L		
brosse-Luuyt. . . .	élève 1re cl. . . .	A l'École.
mbert ✻.	ing. ord. 1re cl. . .	En congé (Égypte).
mé ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Com. des mach. à vap. et École polyt.
mé-Fleury.	élève 2e cl.	A l'École.
Châtelier.	ing. ord. 2e cl. . .	*Chemins de fer concédés de Paris à Orléans et à Vierzon.*
cocq.	ing. ord. 2e cl. . .	En réserve.
fébure de Fourcy. .	ing. ord. 1re cl. .	Paris. Div. du nord et serv. spéc.
febvre ✻.	ing. en ch. 1re cl. .	Amiens.—Div. du nord.
Play ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Paris.— École des mines et comm. de statist. de l'indust. minérale.
valois ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Nancy.—Div. du nord-est.
rieux ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Versailles. — Division du nord.
uyt. *V.* Labrosse.		
M		
anès ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Bordeaux.—Div. du sud-ouest et serv. ext.
rignac (de). *Voir* Gallissart.		
rrot ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Périgueux.—Div. du sud-ouest.
rsilly. *V.* Commines.		
rtha-Becker.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
issonnier.	ing. ord. 2e cl. .	Draguignan.—Div. du sud-est.
niolle de Cizancourt.	élève 2e cl.	A l'École.
ugy.	ing. ord. 2e cl. .	Lille.—Div. du nord.
gneron (O ✻). . . .	insp. gén. 1re cl. .	Paris. Division du centre.
evus.	ing. ord. 1re cl. .	Saint-Etienne.—Div. du centre et serv. ext.
isson-Desroches. . .	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Serv. ext.
utard.	élève 2e cl.	A l'École.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
N		
Nerville (de). *Voir* Guillebot.		
P		
Peschart d'Ambly. . .	élève 1re cl. . . .	Mézières.—Div. du nord-est.
Phillips.	aspirant.	St-Étienne.— École des Mineurs.
Piérard.	ing. ord. 2e cl. . .	Paris.—Service spécial.
Pigeon.	ing. ord. 2e cl. . .	Lyon.—Div. du centre et serv. ext.
Piot..	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
R		
Regnault ✱.	ing. ord. 1re cl.. .	Com. des mach. à vap. et École polyt.
Renouf.	ing. ord. 2e cl. . .	Rodez.—Div. du sud-ouest.
Reverchon ✱	ing. en ch. 2e cl. .	Troyes.—Div. du nord-est.
Reynaud.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
Rivot.	aspirant.	Paris.—Ecole des mines.
Roger.	élève 2e cl.	A l'Ecole.
Roussel-Galle ✱. . . .	ing. en ch. 1re cl. .	Saint-Etienne.—École des mineurs.
S		
Sagey.	ing. ord. 1re cl.. .	En réserve.
Saint-Léger (de) ✱. . .	ing. en ch. 2e cl. .	Rouen.—Div. du nord et serv. extr.
Sauvage ✱.	ing. ord. 2e cl. . .	*Chemin de fer concédé de Frouard à Sarrebruck.*
Sénarmont (de). *Voir* Hureau.		
Senez ✱.	ing. ord. 1re cl.. . f. f. d'ing. en ch.	Nantes.—Div. de l'ouest.
Sens.	élève 2e cl.	A l'École.
Sentis.	ing. ord. 2e cl.. .	Paris.— Div. du nord et serv. spécial.
T		
Thibaud ✱.	ing. en ch. 1re cl.	Alais.—Div. du sud-est.
Thirria (O ✱).	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Conseil général des mines.
Thury (de) *V.* Héricart.		
Tournaire..	élève 1re cl. . . .	
Transon.	ing. ord. 2e cl. . .	Ecole polytechnique.
Trautmann.	élève 1re cl..	Alais.—Div. du sud-ouest.
V		
Varin..	ing. en ch. 2e cl. .	En réserve.
Vène ✱.	ing. en ch. 2e cl. .	Toulouse. – Div. du sud-ouest.
Vergnette de Lamotte.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
Ville.	ing. ord. 2e cl. . .	Algérie.
Villeneuve (de) ✱.. . .	ing. ord. 1re cl.. . .	En congé.

INGÉNIEURS DE TOUS GRADES EN RETRAITE.

Noms.	Grades.	Résidences.	Départements.
MM.			
Duhamel ✻.	insp. gén. . .	Évreux.	Eure.
Guényveau (O ✻).	insp. gén. . .	Paris.	Seine.
Hérault ✻.	insp. gén. hon.	Caen.	Calvados.
Le Boullenger ✻.	ing. ord. . . .	Rive-de-Gier. .	Loire.
Parrot.	ing. en ch. hon.	Montbéliard. .	Doubs.
Poirier de Saint-Brice ✻ . . .	ing en ch. . .	Paris.	Seine.
Trémery ✻.	ing. en ch. dir.	Fontainebleau.	Seine-et-Marne.
Villefosse (Héron de) (O ✻). .	insp. gén. . .	Paris.	Seine.

VEUVES D'INGÉNIEURS PENSIONNÉES.

Noms et grades des maris.		Noms des veuves.	Résidences.	Départements.
MM.		Mesd.		
Allou.	ing. en ch. .	Fouillard. . . .	Paris. . . .	Seine.
Baillet.	ing. en ch. .	Payn Duperron.	Paris. . . .	Seine.
Champeaux Saucy (de).	ing. en ch. .	Collins de Gevaudan.	Semur. . .	Côte-d'Or.
Clère.	ing. en ch. .	Pléjot.	Paris. . . .	Seine.
Collet-Decostils. . .	ing. en ch. .	Vintras.	Paris. . . .	Seine.
Cressac (de). . . .	ing. en ch. .	Lamarque. . . .	Poitiers. . .	Vienne.
D'Aubuisson. . . .	ing. en ch. dir.	Vignes de Puylaroque.	Toulouse. .	Hte-Garonne.
De Gallois.	ing. en ch. .	Larges.	St-Étienne.	Loire.
Furgaud.	ing. en ch. .	Michellet. . . .	Guéret. . .	Creuse.
Lelièvre.	insp. gén. . .	Ory.	Paris. . . .	Seine.

RETRAITES ET DÉCÈS.

DU 1er JUILLET 1846 AU 1er JUILLET 1847.

RETRAITES.

» » »

DÉCÈS.

M. Lefrançois. . . .	ingénieur ordinaire de 2e classe. . . .	20 août 1846.
Hulot d'Osery. .	ingénieur ordinaire de 2e classe. . . .	novembre 1846.
Furgaud	ingénieur en chef de 2e classe.	23 février 1847.
Reuss.	ingénieur ordinaire de 2e classe. . . .	19 mars 1847.

LISTE GÉNÉRALE ET ALPHABÉTIQUE

DES GARDES-MINES

EN ACTIVITÉ OU EN DISPONIBILITÉ.

Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
A		
Albert, 3e cl.	Briançon. . .	Hautes-Alpes, serv. ord.
Andoire, 4e cl.	Épinal. . . .	Vosges, serv. ord.
B		
Badynski, 1re cl. . . .	»	Algérie.
Barnier, 4e cl.	Alais.	Gard, serv. ord.
Barret de Besse, 3e cl.	Angers. . . .	Maine-et-Loire, serv. ord.
Bayon ✻, 1re cl. . . .	Rive-de-Gier..	Loire, serv. ord.
Bernard (A.), 1re cl. .	Aubin	Aveyron, serv. ord.
Bernard (H.), 2e cl.. .	Allevard.. . .	Isère, serv. ord.
Bertrand de Lom, 3e cl.	»	En congé.
Blanpied, 1re cl. . . .	Lyon.	Rhône, bat. à vapeur.
Bougarel, 3e cl. . . .	Paris.	Seine, mach. à vapeur.
Briotet, 3e cl.	Bourges . . .	Cher, min. et établ. métall.
Brisset, 4e cl.	Mézières. . .	Ardennes, serv. ord.
C		
Canaly, 3e cl..	Bordeaux.. .	Gironde, serv. ord.
Chambrette, 4e cl. . .	Chaumont. .	H.-Marne, minières et at. de lavage.
Cherbonneau, 5e cl. .	Saumur. . . .	Maine-et-Loire, serv. ord.
Cluny, 3e cl.	»	Algérie.
D		
Ducas, 2e cl.	Reims	Marne, serv. ord. et appar. à vap.
Dunowski, 2e cl. . . .	Caen.	Calvados, serv. ord.
Dürrbach, 2e cl. . . .	Colmar. . . .	H.-Rhin, appar. à vap. et serv. ord.
Dziedzicki, 2e cl. . . .	Arles-s.-Tech.	Pyrénées-Orientales, serv. ord.
F		
Faugière, 3e cl.. . . .	Montluçon. .	Allier, serv. ord.

Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
Fragonard, 2[e] cl. . .	Paris.	Seine, mach. à vapeur.
Freynet, 3[e] cl.	»	Algérie.
G		
Gérard, 4[e] cl.	Longwy . . .	Moselle, serv. ord.
Gosselin, 4[e] cl.	Fécamp. . . .	Seine-Infér., carrières de Fécamp.
Grand, 2[e] cl.	Marseille. . .	Bouches-du-Rhône, serv. ord.
Guillet, 4[e] cl..	»	En congé.
H		
Heuret, 3[e] cl..	Blanzy	Saône-et-Loire, serv. ord.
Huppé, 4[e] cl..	Tréveray. . .	Meuse, serv. ord. et atel. de lavage.
Huvé, 2[e] cl..	»	En congé.
I		
Ilnicki, 3[e] cl.	Douai.	Nord, serv. ord. et mach. à vap.
J		
Jedlinski, 1[re] cl. . . .	Paris.	Seine, carte géologique.
Jusseraud, 1[re] cl. . . .	Brassac. . . .	Puy-de-Dôme, serv. ord.
K		
Kienski, 4[e] cl.	Vouziers. . .	Ardennes, serv. ord.
Koss, 1[re] cl.	Saint-Étienne.	Loire, topogr. souterraine.
L		
Lalouette-Aljoar, 4[e] cl.	Redon	Ille-et-Vilaine, serv. ord.
Laplanche, 3[e] cl.. . . .	Tours.	Indre-et-Loire, serv. ord. et chem. de fer d'Orléans à Tours.
Lauchet, 4[e] cl.	Châtillon. . .	Côte-d'Or, serv. ord. et ateliers de lavage.
Laurent, 3[e] cl.	Périgueux.. .	Dordogne, serv. ord.
Lebas, 3[e] cl.	Strasbourg. .	Bas-Rhin, serv. ord. et mach. à vap.
Legrand, 2[e] cl.	Rive-de-Gier.	Loire, serv. ord., topog. souter.
Lévy, 2[e] cl.	Valenciennes.	Nord, serv. ord. et mach. à vapeur.
M		
Mairet, 3[e] cl.	Châlon. . . .	Saône-et-Loire, serv. ord.
Makowiecki, 3[e] cl. . .	Meaux. . . .	Seine-et-Marne, serv. ord. et mach. à vapeur.
Mallet, 4[e] cl.	Gray.	Haute-Saône, serv. ord.
Mercanton, 3[e] cl. . . .	Latour-du-Pin	Isère, serv. ord.
Miziewicz, 4[e] cl. . . .	Sablé.	Sarthe, serv. ord. et topographie.
Mœvus, 2[e] cl.	»	Algérie.
Moklin, 3[e] cl..	Mennecy. . .	Seine-et-Oise, carrières et serv. ord.

Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
O		
Orlowski, 2e cl.	Agen.	Lot-et-Garonne, bat. à vap.
P		
Paufert, 3e cl.	Vesoul	Haute-Saône, serv. ord.
Pestelard, 4e cl. . . .	Troyes. . . .	Aube, serv. ord.
Pogonowski, 4e cl. . .	Poitiers. . . .	Vienne, serv. ord.
Pomel, 3e cl.	Paris.	École des mines. (Collections.)
R		
Rosset, 2e cl.	Paris.	Mach. à vapeur.
Rouät, 4e cl.	Montpellier. .	Hérault, serv. ord.
Roy, 2e cl.	Jarnac. . . .	Charente et Char.-Inf., serv. ord.
Roze, 4e cl.	Vassy.	H.-Marne, minières et at. de lavage.
Rymkiewicz, 4e cl. . .	Nancy	Meurthe, serv. ord.
S		
Skoczynski, 4e cl. . .	Nevers. . . .	Nièvre, serv. ord.
Slawecki, 2e cl.	Rouen. . . .	Seine-Infér., serv. ord.
T		
Thouvenin, 4e cl. . . .	Versailles. . .	Seine-et-Oise, serv. ord.
Tournois, 3e cl.	Dijon.	Côte-d'Or, serv. ord.
V		
Vallée, 2e cl.	Alais.	École des maîtres ouvr. mineurs.
W		
Wolski, 1re cl.	Nantes. . . .	Loire-Inf., serv. ord. et bat. à vap.

COMMISSIONS DE SURVEILLANCE

INSTITUÉES POUR LA NAVIGATION DES BATEAUX A VAPEUR (*)

ALLIER.

MM.

Lerouge.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Moulins.
Baudin.	Ingénieur en chef des mines.	
Pognon.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Méray	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Hamard.	Professeur de mathématiques au collége royal de Moulins.	
Gaffarel.	*Idem*.	
Monsaint.	Inspecteur de la navigation.	

BOUCHES-DU-RHÔNE.

De Montluisant. . . .	Ing. en chef directeur des ponts-et-chaussées.	Marseille.
Diday.	Ingénieur des mines.	
Toussaint.	Ing. en chef des ports maritimes de commerce du département.	
De Gabriac.	Ing. ord. des ponts-et-chaussées.	
Pascal.	*Idem*.	
Péronneau.	Ingénieur du génie maritime.	
D'Heureux.	Commissaire de l'inscription maritime.	
Durbec.	Capitaine de port.	
Catelin.	Officier de la marine royale, en retraite.	
Bazin.	Armateur de bateaux à vapeur.	
Taylor (Edouard). .	Constructeur-mécanicien.	
Lemaistre.	Construct. de navires.	
Falquière.	Constructeur de machines à vapeur.	

(*) Ces Commissions sont établies en vertu de l'ordonnance royale du 23 mai 1843, relative aux bateaux à vapeur. Elles sont chargées, sous la direction des préfets, d'inspecter ces bateaux, de s'assurer s'ils sont construits avec solidité, particulièrement en ce qui concerne l'appareil moteur; si cet appareil est soigneusement entretenu dans toutes ses parties, et s'il ne présente pas de probabilités d'effractions ou des détériorations dangereuses, etc.

CALVADOS.

MM.		
Mounier.	Ing. en chef directeur des ponts-et-chaussées.	Caen.
Tostain.	Ing. en chef des ports maritimes de commerce du département.	
Fortin.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Harlé	Ingénieur des mines.	
Delisle.	Lieutenant de port.	
Morin.	Capitaine au long-cours.	
M	Commissaire de marine.	
Jeanmair.	Mécanicien.	

CHARENTE-INFÉRIEURE.

Nosereau	Direct. des constructions navales.	Rochefort.
Auriol.	Ing. des constructions navales.	
Maitrot de Varennes.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Masquelez.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	La Rochelle.
Quilliard.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Leferme.	*Idem.*	
Lepage aîné.	Constructeur de navires.	
Berthaud	Prof. de physique au collége royal.	
Cherbonnier.	Sous-commissaire de marine.	
Vatinel	Lieutenant de port.	

CORSE.

Plassiard.	Ing. ordin. f. f. d'Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Ajaccio.
Kuss.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Colombet	Capitaine du génie.	
Seri.	Commissaire de l'inscription marit.	
Sampolo.	Maître de port.	
Vogin.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Bastia.
Coutant.	*Idem.*	
Aufric.	Capitaine du génie.	
Bonhomme.	Capitaine d'artillerie.	
Oletta.	Lieutenant de port.	
Biaggini.	Commissaire de l'inscription marit.	

CÔTES-DU-NORD.

Rougeul.	Ing. des ponts-et-chaussées.	Dinan.
Josselin.	Négociant.	
Gauchet.	Lieutenant de vaisseau en retraite.	

DORDOGNE.

MM.		
Spinasse	Ingénieur en chef de la navigation de la Dordogne.	Bergerac.
Simon	Ingén. ordin. *idem*.	Bergerac.
Rennes	Médecin.	Bergerac.
Eyriniac	Maire de Bergerac et membre du conseil général.	Bergerac.
Carré	Pharmacien.	Bergerac.
Bardy	Mécanicien.	Bergerac.
Rigaud	*Idem*.	Bergerac.

FINISTÈRE.

Aumaître	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Morlaix.
Vallée	Président de la chambre de comm.	Morlaix.
Raby	Commissaire de l'inscr. maritime.	Morlaix.
Couhitte	Capitaine de port.	Morlaix.
Boyer	Architecte.	Morlaix.
Le Loutre	Capitaine au long cours.	Morlaix.
Le Moyne	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Brest.
Bonin	Memb. du com. sup. d'instr. prim.	Brest.
Chedeville	S[t]-Ing. des constructions navales.	Brest.
Fauveaux	Capitaine du génie.	Brest.
Guyot	Capitaine d'artillerie au Pont de Buis.	Châteaulin.
D'Assigny	Commissaire à la poudrerie du Pont de Buis.	Châteaulin.
Durest-le-Bris	Négociant armateur.	Châteaulin.
Marzin	*Idem*.	Châteaulin.
Tourbiez	Conducteur faisant fonctions d'ingénieur ord. à Châteaulin.	Châteaulin.

GARD.

Vinard	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Nîmes.
Thibaud	Ing. en chef des mines.	Nîmes.
Dupont	Ingén. des mines.	Nîmes.
Plagniol	Inspect. de l'Académie de Nîmes.	Nîmes.
Vassas	Ancien élève de l'école polytech.	Nîmes.
Granier	Chef de bataillon du génie.	Nîmes.
Dombres	Ing. des ponts-et-chaussées.	Nîmes.
Gaston Vincens	Anc. capitaine d'artillerie.	Nîmes.
Denis Benoist	Exploit. des fond. et forges d'Alais.	Nîmes.
Rousseau	Ingénieur civil.	Nîmes.
Bouchet aîné	Mécanicien.	Nîmes.

GARD (*Suite*).

MM.

Tavernel	Maire de Beaucaire.	Beaucaire.
De Chastellier	Ancien officier de marine.	
Talabot	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Surell	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Dupont	Ingénieur des mines.	
Eybert	Anc. élève de l'école polytechnique.	
Labaume	Lieut.-col. d'ét.-major en retr.	
Sibour	Maire de Pont-St-Esprit.	
Clerc fils	Maire de Roquemaure.	

GIRONDE.

Manès	Ingénieur en chef des mines.	Bordeaux.
Deschamps	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
De Laffore aîné	*Idem.*	
Siau	*Idem.*	
Gonnaud	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Jaquemet	*Idem.*	
Tabuteau	*Idem.*	
Alphand	*Idem.*	
Chambrelent	*Idem.*	
De Champflorin	*Idem.*	
Pairier	*Idem.*	
Lancelin	*Idem.*	
Simon	*Idem.*	
Naigeon	Commissaire de l'inscription marit.	
Cousin père	Constructeur de navires.	
Alïgé	Capitaine de port à Bordeaux	
Fol	Direct. de la fonderie de Bacalan.	
Courau fils	Constructeur.	
Magouty	Pharmacien chimiste.	

HÉRAULT.

Dupont	Ingénieur des mines.	Cette.
Raynal	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Lonjon	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Reynaud	Ingénieur civil.	
Monsservin	Armateur.	
Laurent Fournaire	Ancien capitaine au long cours et armateur.	
Richier	Lieutenant de port.	
Courtois	Commissaire de l'inscription marit.	

ILLE-ET-VILAINE.

MM.		
Féburier.	Ing. en chef des ports de Saint-Malo et de Saint-Servan.	Saint-Malo.
Douville.	Maire de Saint-Servan, ancien capitaine au long-cours.	
Cunat.	Ancien officier de la marine royale.	
Debon.	Commis. de l'inscript. maritime.	
Bossinot.	Lieutenant de port.	
Descottes	Fondeur.	
Pivert.	Capitaine au long cours, construct. de navires.	
Fontan	Armateur.	
Bourdet.	Chef de la fonderie du Sillon.	
Picard.	Constructeur de navires à Saint-Malo.	
Guibert.	Armateur.	

INDRE-ET-LOIRE.

Maurice.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Tours.
Descottes.	Ingénieur des mines.	
Sagey.	*Idem.*	
Jacquemin.	Architecte.	
Luzarche.	Maire de Tours.	
Borgnet.	Ancien proviseur du collége royal.	

LOIRE-INFÉRIEURE.

Cabrol.	Ing. en chef dir. des ponts-et-ch.	Nantes.
Senez.	Ing. en chef des mines.	
Jégou	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
De la Gournerie. . .	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Léchalas.	*Idem.*	
Degrand.	*Idem.*	
Wattier.	*Idem.*	
De Chancourtois . .	Ingénieur des mines.	
Masson	Ingénieur de la marine, attaché à l'établissement d'Indret.	
Bellanger..	Capitaine de port.	
Martin de Milran. . .	Sous-commissaire de la marine.	
Leray..	Constructeur de navires.	
Bertrand Froment .	Mécanicien.	
Saint-Amour	Ingénieur civil.	
Dubigeon	Constructeur de navires.	

LOIRET.

MM.

Coumes.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Orléans.
Guibourg.	Ing. en chef du canal latéral à la Loire.	
Lebreton.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Lacave	*idem.*	
Germon-Douville. .	Présid. de la chambre de comm.	
Chavannes.	Président du tribunal de comm.	
Petit.	Prof. de phys. au coll. d'Orléans.	
Weber.	Mécanicien.	
De Chancourtois. . .	Ingénieur des mines.	
Delaitre.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Tavannes.	Manufacturier.	
Hazard.	*Idem.*	
Vaissière.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
De Sazilly.	*Idem.*	
Baron.	*Idem.*	

LOT-ET-GARONNE.

Commier.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées du département.	Agen.
Alquié.	Secrétaire général de la préfecture.	
Couturier.	Ingénieur des ponts-et-chaussées, chargé du service du canal latéral à la Garonne.	
De Laffore jeune. . .	Ingénieur en chef de la navigation du Lot (2e section).	
Maillebiau.	Ingénieur en chef de la navigation de la Garonne.	
Demay.	Conducteur, f. fonct. d'ing. ord.	
Ferret.	*Idem.*	
De Sévin.	Voyer en chef du département.	
Bartayrès.	Professeur de mathématiques.	
De Cressonnière. . .	Ancien élève de l'Ecole Polytech.	
Marraut.	*Idem.*	
. . . .	Chef du bureau d'administration départem. et des travaux publics.	

MAINE-ET-LOIRE.

Fourier..	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Angers.
Cacarrié.	Ingénieur des mines.	
Crosson..	Prof. de mathémat. au coll. royal.	

MAINE-ET-LOIRE (*suite*).

MM.		
Calabert.	Mécanicien.	Angers.
Iouyan.	Mécanicien.	
Lesourd-Delisle.. . .	Inspect. honoraire de la navigation.	
Billard.	Marchand poêlier.	
Voisin.	Ancien fabricant de pompes.	
Grille..	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Rabbe.	Chef de bureau à la préfecture.	

MORBIHAN.

Leclerc.	Ing. en chef des travaux maritimes.	Lorient.
Ioyon.	Ing. ord. des ponts-et-chaussées.	
Lecointre.	Ingénieur de la marine.	

MOSELLE.

Le Joindre.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Metz.
Jacquot.	Ingénieur des mines.	
Boulangé.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Lemercier.	*Idem.*	
De Mardigny.	*Idem.*	
Didion.	Chef d'escadron d'artillerie.	
Clavet père..	Constructeur de machines.	
Vandernoot.	Architecte.	
De Pontbriant. . . .	Ing. civil.	
Culmann..	Lieut. colon. d'artillerie.	

NIÈVRE.

Dufaud père.	Conseiller de préfecture.	Nevers.
Boucaumont.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Bleschamp.	Ing. en chef du canal lat. à la Loire.	
Guilland.	Chef d'escadron d'artillerie.	
Bompois	Propriétaire.	
Gréfis.	Ing. mécanicien.	

NORD.

Cuel.	Ing. en ch. des ponts-et-chaussées.	Dunkerque
Duverger.	Ingénieur du port de Dunkerque.	
De Bormans.. . . .	Ingénieur du port de Gravelines.	

NORD. (*Suite.*)

MM.		
Cabaret.	Commmissaire de la marine.	Dunkerque.
Dupays.	Capitaine de port..	
Malo Gaspard. . . .	Constructeur.	
Caron.	Ancien lieutenant de vaisseau	

OISE.

Magdelaine.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Compiègne.
Beaurin.	Inspect. de la navigation de l'Oise.	
Ouarnier.	Maître de port.	
Le Prince père. . .	Ancien marinier.	
Mulochot.	Inspect. des bât. de la couronne.	

PAS-DE-CALAIS.

Marguet.	Ing. en chef du port de Boulogne.	Boulogne.
Fodor	Commissaire de l'inscr. maritime.	
Pollet.	Capitaine de port.	
Voisin.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Legris.	Professeur d'hydrographie.	
Néhou.	Ing. en chef du port de Calais.	Calais.
Quehen..	Commissaire de marine.	
Margollé.	Capitaine de port.	
Valdelièvre fils . . .	Mécanicien.	
Darquer.	Directeur d'usine à vapeur.	

PYRÉNÉES (BASSES-).

Durant.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Bayonne.
Daguenet	*Idem.*	
Bossey.	Aspirant-ingénieur des mines.	
Paul Julien..		
François Stein. . . .	Mécanicien.	
Detroyat.	Membre de la chambre de comm.	
Descandes.	Constructeur de navires.	
Jauréguiberry. . . .	Capitaine de port.	

RHIN (BAS-).

MM.		
nturat	Ing. en chef des travaux du Rhin.	Strasbourg.
Billy	Ing. en chef des mines.	
hwilgué	Mécanicien.	
rsoz	Prof. à la faculté des sciences.	
sch	Maître batelier.	
ubrée	Ingénieur des mines.	

RHÔNE.

lloux	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Lyon.
Brien	Ing. en ch. de la 1re sect. du Rhône.	
ntgolfier	Mécanicien.	
areau	Doyen de la Faculté des sciences.	
imazet	Adjoint au maire de Lyon.	
thier	Membre du conseil gén. de l'Ardèche.	
nmartin	Ancien officier du génie.	
dan	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
nard	*Idem.*	
rey	*Idem.*	
x	Ing. du serv. spéc. de la 1re section du Rhône.	
on	Ingénieur des mines.	

SAÔNE-ET-LOIRE.

oy	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Châlon.
not	Ing. en chef des mines.	
ernier	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
e	*Idem.*	
er	Él.-Ingén. des ponts-et-chaussées.	
senot	Pharmacien.	
y	Chimiste.	
mponnois-Bunot	Négociant.	

SEINE.

bes	Ingénieur en chef des mines.	Paris.
al	Ingénieur en chef de la navigation dans Paris.	
énarmont	Ingénieur des mines.	
ard	Architecte de la petite voirie.	
oulin	Inspecteur général de la navigat.	
nier	Ancien mécanicien des monnaies, memb. du cons. gén. des manuf.	

SEINE-ET-MARNE.

MM.		
Jousselin.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Dufresne.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Mangeon.	Architecte du département.	Melun.
Prévost.	Pharm. de la mais. cent. de Melun.	
Gentil.	Ingénieur des mines.	
Duhaut-Plessis. . . .	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Mondot.	Inspecteur de la navigation.	
Lefebvre.	Conducteur des ponts-et-chaussées.	
Tonnelier.	Médecin.	Montereau.
Valette.	Direct. de la manufact. de faïence.	
Girault-Dabon. . . .	Ancien serrurier-mécanicien.	
De Bassompierre-Sewrin.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	

SEINE-ET-OISE.

Billaudel	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Guy.	Ancien député, propriétaire.	
Minot	Inspecteur de la navigation.	St-Germain-en-Laye.
De Breuvery.	Anc. maire de St-Germain.	
Marcus.	Docteur-médecin.	
Du Boulet.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Chevallier.	Maire de la ville de Mantes.	Mantes.
Tortel.	Juge suppléant au trib. de Mantes.	
Dermarres.	Mem. du cons. mun. de Mantes.	
Grenet.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Feret.	Membre du conseil général.	
Gaigneau.	Manufacturier.	Corbeil.
Darblay.	*Idem.*	
Laroche	Propriétaire.	

SEINE-INFÉRIEURE.

Doyat.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
De Saint-Léger. . . .	Ing. en chef des mines.	
Adamoli.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Lepeuple.	*Idem.*	
Boucher.	Inspecteur de la navigation.	Rouen.
Gueroult.	Ex-constructeur de navires.	
Delcourt.	Chef de division à la préfecture.	
Delafosse.	Négociant.	
Boutigny.	Conduct. des ponts-et-chaussées.	

SEINE-INFÉRIEURE. (*Suite.*)

MM.		
enaud..........	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Le Havre.
ievalier......	Ing. des ponts-et-chaussées.	
ıérin.........	Anc. capitaine au long cours.	
....	Commissaire de l'inscription marit.	
ıatoney.......	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
....	Directeur du port.	
erteloot......	Capitaine de port.	
ıire.........	Conducteur des ponts-et-chaussées.	
ribaut........	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Dieppe.
ıdeville	Lieutenant de port.	
ıffard.........	Ancien officier de marine.	
gal..........	Ancien capitaine au long cours.	
ınouilleret....	Constructeur de navires.	

SOMME.

aulieu.......	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Saint-Valery.
chard.......	Commissaire de marine.	
erquem......	Professeur d'hydrographie.	
elahaye.......	Conduct. des ponts-et-chaussées.	
ımain.........	Lieutenant de port.	

VAR.

ochez.........	Ingénieur de la marine.	Toulon.
ımbert.......	Ingénieur des travaux hydrauliq.	
upuy-Delôme....	Ingénieur de la marine.	
ıssy..........	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
archand......	Lieutenant de port.	
ıeit..........	Architecte.	
lanc.......	Commissaire de l'inscription marit.	



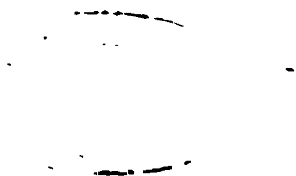


TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XI.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

CHIMIE.

Extraits de chimie (*travaux de* 1845-1846).

ANALYSES DE PRODUITS D'ART (*travaux de* 1845-1846).

MÉTALLURGIE ET MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

PLANCHES JOINTES AU TOME XI.

Pl. XV.

Pl. XVI. Minéralogie.

FIN DU TOME XI.

